

TNO-rapport
TM-96-A046

titel

**Innovatie van het opleidingstraject tot
F-16 Motormonteur**

18

TNO Technische Menskunde

Kampweg 5
Postbus 23
3769 ZG Soesterberg

Telefoon 0346 35 62 11
Fax 0346 35 39 77

auteurs

M.P.W. van Berlo

K. van den Bosch

datum

5 november 1996

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onderzoeks-
opdrachten aan TNO, dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

aantal pagina's

: 36

(incl. bijlagen,
excl. distributielijst)

© 1996 TNO

19970212 021

DISTRIBUTION STATEMENT A

Approved for public release;
Distribution Unlimited

DTIC QUALITY INSPECTED 3



titel : Innovatie van het opleidingstraject tot F-16 Motormonteur
auteurs : Drs. M.P.W. van Berlo en dr. K. van den Bosch
datum : 5 november 1996
opdrachtnr. : A95/KLu/368
IWP-nr. : 788.3
rapportnr. : TM-96-A046

In opdracht van de Koninklijke Luchtmacht wordt het opleidingstraject tot F-16 Motormonteur (Specialist Motoren) geïnnoveerd. Directe aanleiding voor dit onderzoek is het gebrek aan geschikte onderwijsleermiddelen op de vakgroep "Motoren" van de Luchtmacht Elektronische en Technische School (LETS) om de betreffende Specialisten Motoren adequaat op te kunnen leiden voor de 220/220E-motor.

In het project zijn drie fasen te onderscheiden: oriëntatie, analyse en ontwerp. In de eerste fase zijn bezoeken afgelegd aan de vakgroep "Motoren" van de LETS en verschillende bases. Een belangrijke bevinding was de constatering dat er geen optimale afstemming bestaat tussen inhoud van de opleiding tot Specialist Motoren en de te verrichten taken op de uiteindelijke werkplek (Schaafstal & Van Berlo, 1996). Oplossingen van de knelpunten (onderwijsleermiddelen, afstemming theorie-praktijk) moeten gebaseerd zijn op een grondige analyse van de taken per werkplek en de hulpmiddelen die daarbij worden gebruikt. Op verzoek van de LETS bevat dit rapport eveneens een initiële behoeftestelling van onderwijsleermiddelen, worden relevante overwegingen voor de aanschaf of ontwikkeling daarvan gegeven, en wordt aangegeven welke (typen) leerdoelen ermee gehaald kunnen worden. Daarnaast wordt een voorstel gedaan tot differentiatie van het opleidingstraject waardoor een betere afstemming tussen opleiding en praktijk kan worden gerealiseerd.

Hoofdstuk 2 bevat de opzet en de resultaten van taakanalyses. Per werkplek is nagegaan welke taken de Specialist Motoren moet uitvoeren en welke hulpmiddelen daarbij worden gebruikt. Een belangrijke bevinding is dat de taken van de Specialist Motoren van werkplek tot werkplek zeer verschillen. De uitkomsten van de analyses zijn vervolgens op de verschillende Nederlandse bases geverifieerd, zodat de resultaten valide en betrouwbaar kunnen worden genoemd. De resultaten vormen de basis voor aanbevelingen voor vernieuwing van het opleidingstraject van de Specialist Motoren. De taakanalyse is in meer detail vastgelegd in een afzonderlijk rapport (Van Berlo, Van den Bosch, Kanis & Zwartscholten, 1996).

Hoofdstuk 3 bevat een inventarisatie van de onderwijsleermiddelen waarover de vakgroep "Motoren" momenteel beschikt. Op grond van de taakanalyses is nagegaan voor welke taken (nieuwe) speciale onderwijshulpmiddelen nodig zijn voor effectieve instructie en praktijktraining. In het bijzonder betreft dit faciliteiten voor instructie en training in de bediening van het Engine Monitoring System (EMS), de testapparatuur voor de proefbank(en), en de spectro-analyzer. Tevens zijn faciliteiten nodig voor praktijktraining in het sleutelen aan een (uitgebouwde) 200/220E-motor en het trainen van start-procedures. In de hoofdstukken 4 en 5 worden algemene en specifieke overwegingen geformuleerd die zijn gehanteerd voor de formulering van voorlopige globale functionele specificaties voor de aanschaf en/of ontwikkeling van deze onderwijsleermiddelen.

Een knelpunt dat door de bases en de vakgroep "Motoren" van de LETS wordt onderkend is dat de opleiding niet altijd optimaal is afgestemd op de operationele inzet. Zoals uit de taakanalyse (zie hoofdstuk 2) is gebleken kunnen de taken van de Specialist Motoren van werkplek tot werkplek sterk uiteenlopen. De consequentie van de huidige, breed georiënteerde uniforme opleiding is dat de beschikbare opleidingstijd niet goed kan worden afgestemd op de specifieke eisen van de verschillende werkplekken. De oplossing die in hoofdstuk 6 van dit rapport wordt voorgesteld is te komen tot een meer gedifferentieerde opleiding, waarbij deze zich specifiek toespitst op het aanleren van vaardigheden die nodig zijn voor de taken die op de uiteindelijke werkplek verricht moeten worden. Er worden drie trajecten onderscheiden: het eerste is gericht op het Werkcentrum Motoren en de motor-draaihal, het tweede op het vliegend squadron en de vliegtuig-draaihal, en het derde traject op het depot.

De functionele specificaties van benodigde onderwijsleermiddelen en het voorstel tot differentiatie van het opleidingstraject zijn voorlopig en berusten op de resultaten van de taakanalyse, informatie van instructeurs van de LETS, en de inbreng van de bases.

De bevindingen in dit rapport worden gebruikt voor het ontwerpen van een nieuw opleidingsplan. Op grond van de taakbeschrijvingen zullen leerdoelen worden geformuleerd en toegewezen aan verschillende onderwijsvormen (klassikaal, CBT, hands-on, trainer, simulatie-COO). De functionaliteit van de benodigde onderwijshulpmiddelen zal nader worden gespecificeerd en er zal worden aangegeven hoe de verschillende opleidingsonderdelen (theorie, praktijk, OTT) op elkaar aan moeten sluiten. De resultaten van die ontwerp-fase zullen worden neergelegd in het eindrapport.

INHOUD	Blz.
SAMENVATTING	5
SUMMARY	6
1 INLEIDING	7
2 TAAKANALYSE	8
2.1 Opzet en methode	8
2.2 Overzicht van de resultaten	8
2.2.1 Werkplekken	9
2.2.2 Taken en hulpmiddelen	9
2.2.3 Overige bevindingen	11
2.3 Conclusie en discussie	12
3 BEHOEFTESTELLING ONDERWIJSLEERMIDDELEN	13
3.1 Huidige onderwijsleermiddelen	13
3.2 Knelpunten	14
3.3 Benodigde onderwijsleermiddelen	14
4 ONTWIKKELING EN TOEPASSING VAN TRAINERS	16
4.1 Een gesimuleerde taakomgeving als leeromgeving	16
4.2 Simulatie en trainers	16
4.3 Indicaties voor de inzet van trainers	17
4.4 Trainen met trainers	17
4.4.1 Systeemmodellering	18
4.4.2 Instructiefaciliteiten	18
5 GLOBALE SPECIFICATIES ONDERWIJSLEERMIDDELEN	19
5.1 Engine Monitoring System (EMS)	20
5.2 Testapparatuur voor de proefbank(en)	21
5.3 Spectro-analyzer	22
5.4 (Uitgebouwde) 220/220E-motor	23
5.5 Start Procedure Trainer	24
6 NAAR EEN NIEUW OPLEIDINGSTRAJECT	26
6.1 Een indeling naar type werkplek	27
6.1.1 Categorie I: Werkcentrum Motoren en de motor-draaihal	27
6.1.2 Categorie II: Vliegend squadron en vliegtuig-draaihal	28
6.1.3 Categorie III: Depot	28
6.2 Aanzet tot differentiatie van het opleidingstraject	28
6.3 Bereiken van leeroverdracht	28
6.4 Gemeenschappelijke opleidingsmodules	31
7 AANPAK VOOR VERVOLG	31
REFERENTIES	32
BIJLAGE 1 Verklarende woordenlijst	33
BIJLAGE 2 Engine Monitoring System (EMS)	34

Rapport nr.: TM-96-A046

Titel: Innovatie van het opleidingstraject tot F-16 Motormonteur

Auteurs: Drs. M.P.W. van Berlo en dr. K. van den Bosch

Instituut: TNO Technische Menskunde
Afd.: Vaardigheden

Datum: november 1996

DO Opdrachtnummer: A95/KLu/368

Nummer in MLTP: 788.3

SAMENVATTING

In opdracht van de Koninklijke Luchtmacht wordt het opleidingstraject tot F-16 Motormonteur (Specialist Motoren) geïnnoveerd. Directe aanleiding voor dit onderzoek is het gebrek aan geschikte onderwijsleermiddelen op de vakgroep "Motoren" van de Luchtmacht Elektronische en Technische School (LETS) om de betreffende Specialisten Motoren adequaat op te kunnen leiden voor de 220/220E-motor (de vernieuwde motor waarmee alle Nederlandse F-16's binnen afzienbare tijd zullen zijn uitgerust).

Een eerder gerapporteerde bevinding (Schaafstal & Van Berlo, 1996) is dat er geen optimale afstemming bestaat tussen inhoud van de opleiding tot Specialist Motoren en de te verrichten taken op de uiteindelijke werkplek. Oplossingen van de knelpunten (onderwijsleermiddelen, afstemming theorie-praktijk) vereisen een grondige analyse van de taken per werkplek en de hulpmiddelen die daarbij worden gebruikt.

Hoofdstuk 2 bevat de opzet en de resultaten van taakanalyses. Per werkplek is nagegaan welke taken de Specialist Motoren moet uitvoeren en welke hulpmiddelen daarbij worden gebruikt. Een belangrijke bevinding is dat de taken van de Specialist Motoren van werkplek tot werkplek zeer verschillen. De resultaten vormen de basis voor aanbevelingen voor vernieuwing van het opleidingstraject van de Specialist Motoren. De taakanalyse is in meer detail vastgelegd in een afzonderlijk rapport (Van Berlo, Van den Bosch, Kanis & Zwart-scholten, 1996), dat tegelijk met dit rapport is uitgebracht.

Mede op grond van de taakanalyses is in hoofdstuk 3 nagegaan voor welke taken (nieuwe) speciale onderwijsleermiddelen nodig zijn voor effectieve instructie en praktijktraining. In de hoofdstukken 4 en 5 worden algemene en specifieke overwegingen geformuleerd die zijn gehanteerd voor de formulering van voorlopige globale functionele specificaties voor de aanschaf of ontwikkeling van deze onderwijsleermiddelen. Tevens wordt aangeduid welke typen leerdoelen daarmee gehaald kunnen worden.

De consequentie van de huidige, breed georiënteerde en uniforme opleiding is dat de beschikbare opleidingstijd niet altijd goed kan worden afgestemd op de, per werkplek sterk wisselende, eisen. De oplossing die wordt voorgesteld (Hoofdstuk 6) is te komen tot een meer gedifferentieerde opleiding, waarbij deze zich specifiek toespitst op het aanleren van vaardigheden die nodig zijn voor de taken die op de uiteindelijke werkplek verricht moeten worden.

De bevindingen in dit rapport worden gebruikt voor het ontwerpen van een nieuw opleidingsplan. Op grond van de taakbeschrijvingen zullen leerdoelen worden geformuleerd en toegewezen aan verschillende onderwijsvormen (klassikaal, CBT, hands-on, trainer, simulatie-COO). De functionaliteit van de benodigde onderwijshulpmiddelen zal nader worden gespecificeerd en er zal worden aangegeven hoe de verschillende opleidingsonderdelen (theorie, praktijk, OTT) op elkaar aan moeten sluiten. De resultaten van die ontwerp-fase zullen worden neergelegd in het eindrapport.

Innovation of the F-16 Aircraft Engine Maintenance Training Program

M.P.W. van Berlo and K. van den Bosch

SUMMARY

The Royal Netherlands Air Force has commissioned the TNO Human Factors Research Institute to conduct a study into the innovation of the training of the F-16 engine maintenance technicians. The immediate reason for this research project is the lack of adequate training devices at the Air Force Electronics and Technical School. A first analysis (Schaafstal & Van Berlo, 1996) disclosed a second problem: an inadequate attunement between the contents of the training course and the skills required by the Air Force bases. In order to tackle the identified problems, the tasks of the F-16 engine maintenance technicians are subjected to a thorough analysis. The results will be used to develop functional specifications of the required training devices and to redesign the training course.

Chapter 2 reports the methods and results of the task analysis. For each of the work sites, tasks and tools are inventoried. An important finding is that the various work sites require very different skills from the F-16 engine maintenance technician. The results allow certain recommendations for innovating the training course. The task analysis is described in a separate report (Van Berlo, Van den Bosch, Kanis & Zwartscholten, 1996), that has been issued together with the present one.

The results of the task analysis have been used as input for investigating what new learning aids are needed for proper training of the maintenance technician. The general and specific instructional arguments for the postulated functional requirements of these learning aids are reported in the chapters 4 and 5. For each of the proposed learning aids, it is indicated what type of learning goals can be achieved.

The school and the bases share the opinion that the present curriculum is not sufficient to train the student to a level that enables him to meet the often divergent needs of the different Air Force bases. This problem originates in the concept of having one general and uniform training program for all engine maintenance technicians, irrespective of the specific work site they will subsequently be assigned to. The solution proposed here is to include more differentiation in the training curriculum, allowing the school to address exactly the skills required by the future work site.

The results will be used to specify instructional objectives and assigning them to instructional media (e.g. CBT, hands-on instruction, simulator). The functional requirements of the various learning aids will be specified in more detail and it will be pointed out how each of the training parts (theoretical instruction, practical lessons, practical term of work on the actual work site) can be integrated into one training program. Results of that work will be laid down in the final report.

1 INLEIDING

In opdracht van de Koninklijke Luchtmacht wordt het opleidingstraject tot F-16 Motormonteur (Specialist Motoren) geïnnoveerd. Directe aanleiding voor dit onderzoek is het gebrek aan geschikte onderwijsleermiddelen op de vakgroep "Motoren" van de Luchtmacht Elektronische en Technische School (LETS)¹ om de betreffende Specialisten Motoren adequaat op te kunnen leiden voor de 220/220E-motor (de motor waarmee alle Nederlandse F-16's binnen afzienbare tijd zullen zijn uitgerust).

In het project zijn drie fasen te onderscheiden: oriëntatie, analyse en ontwerp. In de eerste fase zijn bezoeken afgelegd aan de vakgroep "Motoren" van de LETS en verschillende bases. De resultaten van de oriëntatie zijn vastgelegd in een eerder verschenen rapport (Schaafstal & Van Berlo, 1996). Een belangrijke bevinding was de constatering dat er geen optimale afstemming bestaat tussen inhoud van de opleiding tot Specialist Motoren en de te verrichten taken op de uiteindelijke werkplek. Oplossingen van de knelpunten (onderwijsleermiddelen, afstemming theorie-praktijk) moeten gebaseerd zijn op een grondige analyse van de taken per werkplek en de hulpmiddelen die daarbij worden gebruikt.

Dit rapport bevat de bevindingen van de analyse, waarbij de taken per werkplek zijn uitgesplitst tot op een niveau dat nodig is om leerdoelen te kunnen specificeren. Tevens is een inventarisatie gemaakt van de hulpmiddelen die op de verschillende werkplekken worden gebruikt (zie Hoofdstuk 2). Deze informatie is nodig om te kunnen komen tot een taakgerichte opleiding, en voor de definiëring en inzet van onderwijsleermiddelen.

Er bestaat bij de vakgroep "Motoren" van de LETS behoefte aan een behoeftestelling ten aanzien van onderwijsleermiddelen, in het bijzonder een trainer voor het leren en oefenen van start procedures. Op hun verzoek bevat dit rapport eveneens een initiële behoeftestelling van zulke (geavanceerde) onderwijsleermiddelen, worden relevante overwegingen voor de aanschaf of ontwikkeling van (geavanceerde) onderwijsleermiddelen gegeven, en wordt aangegeven welke (typen) leerdoelen ermee gehaald kunnen worden (Hoofdstukken 3, 4 en 5).

Een mening die door de vakgroep motoren van de LETS en door de bases wordt gedeeld is dat de opleiding niet altijd optimaal is afgestemd op de operationele inzet. De taken van de Specialist Motoren kunnen van werkplek tot werkplek zeer verschillen, variërend van hoofdzakelijk sleutelen in het werkcentrum Motoren, tot veel meer diagnostische taken op bv. het vliegend squadron. Daarom streeft de vakgroep "Motoren" momenteel naar een breed georiënteerde opleiding. De consequentie daarvan is dat taakvaardigheid in een bepaalde taak voor de ene werkplek nauwelijks voldoende is, terwijl die vaardigheid voor een andere werkplek onnodig is. Een oplossing van dit knelpunt kan worden bereikt door een meer gedifferentieerd opleidingstraject, waarbij de opleiding zich toespitst op het aanleren van vaardigheden die nodig zijn voor de taken die op de uiteindelijke werkplek verricht moeten worden. Een voorstel voor hoe dat kan worden georganiseerd staat beschreven in hoofdstuk 6.

¹ In Bijlage 1 wordt een lijst met afkortingen gegeven.

De bevindingen in dit rapport worden gebruikt voor het ontwerpen van een nieuw opleidingsplan. Op grond van de taakbeschrijvingen worden leerdoelen geformuleerd en toegewezen aan verschillende onderwijsvormen. De functionaliteit van de benodigde onderwijs-hulpmiddelen voor het "hands-on" onderwijs zullen nader worden gespecificeerd en het geheel zal worden vastgelegd in een opleidingsplan. De resultaten van die ontwerpfase zullen worden neergelegd in het eindrapport.

2 TAAKANALYSE

Het doel van een beroepsopleiding is dat cursisten worden voorbereid op de taakuitoefening in de praktijk. Een van de gesignaleerde knelpunten in de opleiding tot Specialist Motoren is echter dat de aansluiting tussen de opleiding en de praktijk niet optimaal is. Om dit knelpunt op te lossen is een taakanalyse uitgevoerd. Een taakanalyse geeft inzicht in welke taken een functionaris uitvoert, op welke wijze die taken worden uitgevoerd, en welke hulpmiddelen hiervoor worden gebruikt.

In dit hoofdstuk worden de opzet en methode van de taakanalyse besproken (§ 2.1), en wordt een overzicht van de resultaten gegeven (§ 2.2). Er wordt afgesloten met een conclusie en discussie (§ 2.3).

2.1 Opzet en methode

Op grond van eerder gevoerde gesprekken en observaties op diverse bases en op de LETS is een inventarisatie opgesteld van de taken die een Specialist Motoren uitvoert en de hulpmiddelen die hij daarbij gebruikt. De resultaten daarvan staan in een eerder verschenen rapport (Schaafstal & Van Berlo, 1996). Op basis van de inventarisatie is in deze fase door de LETS een selectie gemaakt van taken waarvoor zij de Specialist Motoren wil opleiden. Van deze taken zijn gedetailleerde taakbeschrijvingen opgesteld, die vervolgens aan de bases ter verificatie zijn voorgelegd. Het doel van de verificatie-ronde was om de beschrijvingen en het overzicht van de hulpmiddelen te controleren op juistheid en volledigheid. Aan de hand van gestructureerde interviews en een checklist werden de verschillende Specialist Motoren gevraagd naar de taken die zij uitvoeren op de betreffende werkplek, en de hulpmiddelen die zij daarbij gebruiken. De interviews zijn afgenomen door koppels bestaande uit een LETS- en een TNO-medewerker. In de periode van 8–12 juli zijn hiervoor de vliegbases van Twente, Leeuwarden, Volkel, Gilze, en Woensdrecht bezocht.

2.2 Overzicht van de resultaten

In deze paragraaf worden de belangrijkste resultaten van de taakanalyse en de bevindingen van de verificatie-ronde besproken. In een tegelijkertijd verschenen rapport wordt hier uitgebreider op ingegaan (Van Berlo, Van den Bosch, Kanis & Zwartscholten, 1996).

In § 2.2.1 worden de onderscheiden werkplekken beschreven. Vervolgens worden bevindingen met betrekking tot de taken en hulpmiddelen besproken (§ 2.2.2), gevolgd door enkele algemene bevindingen (§ 2.2.3).

2.2.1 Werkplekken

De eerste globale taak- en opleidingsanalyse van de F-16 motormonteurs leverde een onderscheid op tussen de verschillende werkplekken van Specialist Motoren (Schaafstal & Van Berlo, 1996): het Werkcentrum Motoren, de run-up, het Vliegend squadron, en depot. In het **Werkcentrum Motoren** hebben de werkzaamheden van de Specialist Motoren alleen betrekking op een uitgebouwde motor. Het uitvoeren van inspecties en het sleutelen aan de motor zijn belangrijke taken van de Specialist Motoren. De **run-up** bestaat uit twee zogenaamde draaihallen: de motor-draaihal, en de vliegtuig-draaihal. In de *motor-draaihal* staat een proefbank met behulp waarvan de uitgebouwde motor wordt getest. In de *vliegtuig-draaihal* wordt de ingebouwde motor tot op max getest. Bovendien kan de motor in de shelter tot 80% van het vermogen worden getest. Op de run-up hebben de werkzaamheden van de Specialist Motoren dus betrekking op zowel de uitgebouwde als de ingebouwde motor. De huidige organisatie van onderhoudswerkzaamheden (WOLF) schrijft voor dat de werkzaamheden die op de run-up worden uitgevoerd met betrekking tot de uitgebouwde motor, door de Specialist Motoren van het Werkcentrum Motoren moeten worden uitgevoerd, en met betrekking tot de ingebouwde motor door de Specialist Motoren van het vliegend squadron. In principe bestaat het personeel van een run-up slechts uit de beheerder (BRU). Op het **vliegend squadron** hebben de werkzaamheden van de Specialist Motoren betrekking op een ingebouwde motor, met uitzondering van een inname-inspectie van een uitgebouwde motor die terug komt van de run-up of het Werkcentrum Motoren. Op het **depot** (DMVS te Woensdrecht) hebben de werkzaamheden van de Specialist Motoren betrekking op de onderdelen van een uitgebouwde motor (modulair onderhoud).

Uit de verificatie van de taakanalyse is gebleken dat de taken van de Specialist Motoren per onderscheiden werkplek aanzienlijk van elkaar verschillen. Bovendien worden niet dezelfde hulpmiddelen gebruikt bij de taakvervulling (Van Berlo, Van den Bosch, Kanis & Zwartscholten, 1996).

2.2.2 Taken en hulpmiddelen

Op basis van de eerder uitgevoerde verkennende studie (Schaafstal & Van Berlo, 1996) is een initiële beschrijving opgesteld van de taken die de Specialist Motoren uitvoert en de hulpmiddelen die hij gebruikt. Deze beschrijvingen zijn ter verificatie voorgelegd aan diverse Specialist Motoren van de bases. In grote lijnen bleken de initiële beschrijvingen correct te zijn, op enkele nuances en accentverschillen na. In een ander rapport dat tegelijkertijd met het huidige is verschenen, worden de beschrijvingen van de taken en hulpmiddelen, alsmede de bevindingen van de verificatie-ronde uitgebreid besproken (Van Berlo, Van den Bosch, Kanis & Zwartscholten, 1996). In deze paragraaf worden alleen de belangrijkste bevindingen per werkplek toegelicht.

Werkcentrum Motoren

- Door de bases is aangegeven dat het lokaliseren en oplossen van klachten op het Werkcentrum Motoren niet of nauwelijks voorkomt (met uitzondering van het 'test-en-inspectie'-gedeelte op vliegbasis Twente). Volgens de bases is gedetailleerde systeemkennis over de motor (met betrekking tot bv. het regelsysteem) daarom niet vereist voor een adequate taakvervulling door de Specialist Motoren. Basale systeemkennis is echter wel gewenst, omdat hiermee de TO's sneller en efficiënter doorlopen kunnen worden.
- Volgens de bases is het up-to-date houden van de technische documentatie in principe een taak van elke Specialist. De procedures daarvoor verschillen echter per basis. Door de bases wordt voorgesteld om een uniforme procedure op te stellen, zodat het eenvoudiger is om hier centraal voor op te leiden.
- Het uitvoeren van een borescopie is een belangrijk onderdeel van het takenpakket van de Specialist Motoren op het Werkcentrum Motoren. Het is de mening van de bases dat de LETS meer aandacht zou moeten besteden aan de verwerving van praktische vaardigheid in het borescopen.

Motor-draaihal

- Volgens de Specialisten Motoren op de bases is systeemkennis over de motor zeer gewenst voor een adequate uitvoering van de taken. Hiervoor geven zij de volgende argumenten:
 - de TO's leiden niet altijd tot een eenduidige oplossing (de Specialist Motoren raakt in een lus);
 - op grond van systeemkennis kan de Specialist Motoren sneller en efficiënter de TO's doorlopen;
 - de Specialist Motoren moet de kennis hebben om de diverse schema's in de TO's te kunnen interpreteren;
 - de apparatuur van het Engine Monitoring System (EMS²) signaleert niet elke storing. Zij geven aan dat systeemkennis van de nieuwe 220/220E-motor wellicht minder gedetailleerd hoeft te zijn dan van de 200-motor.
- Voor het werken met CAMS is door de bases opgemerkt dat het vastleggen van storingsinformatie uitgebreider zou moeten gebeuren (dus ook wat de klacht was die oorspronkelijk heeft geleid tot een bepaalde reparatie/vervanging): dit kan het storingzoeken door de Specialist Motoren aanzienlijk ondersteunen.
- Het interpreteren van gegevens van de proefbank is, volgens de bases, erg belangrijk. Op de bases wordt uitgesproken dat hier meer aandacht aan besteed zou kunnen worden tijdens de opleiding.

Vliegend squadron

- Als aanvulling op de initiële taakbeschrijving is door de bases aangegeven dat de Specialist Motoren op het vliegend squadron wel inspecties en reparaties moet uitvoeren

² In Bijlage 2 wordt een uitgebreide beschrijving van het Engine Monitoring System gegeven.

aan het vliegtuig-start systeem (ESS). Deze taak is daarom toegevoegd aan de taakuitsplitsing.

- Ondanks de geavanceerde EMS-apparatuur moet de Specialist Motoren volgens de bases toch bezitten over enige systeemkennis omtrent de motor: enerzijds omdat de TO slechts een leidraad is en de Specialist Motoren soms in een lus kan brengen, en anderzijds omdat sommige klachten niet specifiek betrekking hebben op één component. Ook op deze werkplek zijn de geïnterviewde Specialist Motoren van mening dat voor de 220/220E-motor de vereiste systeemkennis wellicht minder gedetailleerd hoeft te zijn dan bij de 200-motor. Kennis over de combinatie vliegtuig-motor is volgens de bases gewenst omdat de Specialist Motoren met meer systemen en disciplines heeft te maken dan alleen de motor.
- Volgens de bases zouden het uitvoeren van de startprocedures en de veiligheid- en noodprocedures uitgebreider in de opleiding behandeld moeten worden dan momenteel het geval is.

Vliegtuig-draaihal

- Als aanvulling op de initiële taakbeschrijving is door de bases aangegeven dat de Specialist Motoren in de vliegtuig-draaihal wel inspecties en reparaties moet uitvoeren aan het vliegtuig-start systeem (ESS). Deze taak is daarom toegevoegd aan de taakuitsplitsing.
- Omdat volgens de geïnterviewde specialisten de Specialist Motoren in de vliegtuig-draaihal tijdens de vervulling van zijn taken met meer systemen en disciplines heeft te maken dan alleen de motor, is volgens hen kennis over de combinatie vliegtuig-motor gewenst.

Depot

- Hoewel dit aanvankelijk wel in de taakbeschrijvingen was meegenomen, is uit de verificatie-ronde gebleken dat de Specialist Motoren op depot geen FRS hoeft uit te voeren (dit gebeurt alleen op het Werkcentrum Motoren).
- Volgens de geïnterviewde specialisten op depot heeft de Specialist Motoren systeemkennis nodig om zijn taken goed te kunnen uitvoeren. Volgens hen blijken de TO's namelijk niet altijd toereikend te zijn, en de Specialist Motoren op depot zijn vaak de laatsten die een bepaald probleem moeten oplossen.

2.2.3 Overige bevindingen

Binnen afzienbare tijd wordt een grotere inzet van de EMS-apparatuur voorzien. Momenteel wordt EMS-apparatuur slechts op beperkte schaal gebruikt, waarschijnlijk omdat het hier een nog vrij nieuwe technologie betreft die toegepast kan worden bij het uitvoeren van de onderhoudstaken voor de (nieuwe) 220/220E-motor. Daarom kon niet altijd voldoende informatie worden gegeven over het gebruik van EMS-apparatuur als hulpmiddel bij het uitvoeren van de taken van de Specialist Motoren. Vooral nog wordt voorgesteld de huidige taakuitsplitsingen per werkplek te handhaven.

Ten tweede werd op alle werkplekken (met uitzondering van het 'sleutel-dock' op Twente) door de geïnterviewde specialisten naar voren gebracht dat Specialist Motoren die juist de opleiding hebben afgerond, over onvoldoende praktische vaardigheden beschikken. Als een mogelijke oorzaak geven zij de beperkte invulling van de OTT-periode aan.

2.3 Conclusie en discussie

Er is een uitgebreide taakanalyse uitgevoerd over de taken die de Specialist Motoren moet uitvoeren op de onderscheiden werkplekken, en de hulpmiddelen die hij hiervoor gebruikt. De analyses zijn op diverse bases geverifieerd, zodat de resultaten valide en betrouwbaar kunnen worden genoemd. De initieel opgestelde beschrijvingen van de taken en hulpmiddelen bleken in grote lijnen correct, en het gemaakte onderscheid tussen de verschillende werkplekken overeenkomstig de praktijk te zijn.

Desalniettemin kunnen enkele kritische opmerkingen bij de analyses en de resultaten worden gemaakt. De toewijzing van taken aan Specialist Motoren op de verschillende werkplekken is momenteel in beweging. Uit de gesprekken is gebleken dat er op de verschillende bases daardoor nog onduidelijkheid bestaat over de exacte invulling van het takenpakket van de Specialist Motoren, en ook ten aanzien van de daarbij te gebruiken hulpmiddelen (met name het gebruik van EMS-apparatuur). In een aantal gevallen heeft dat geleid tot verschillen tussen de bases in het takenpakket van de Specialist Motoren op eenzelfde werkplek.

Ten tweede is één bepaalde werkplek van de Specialist Motoren niet expliciet betrokken in dit analyse-proces, namelijk een buitenlandse basis. De reden hiervoor is dat het project zich in eerste instantie richt op de initiële opleiding van de Specialist Motoren. Na het volgen van de initiële opleiding komt de Specialist Motoren te werken op één van de eerder onderscheiden werkplekken; pas na enkele jaren werkervaring komt iemand in aanmerking voor uitzending naar een buitenlandse basis. Uit de gesprekken met de Specialist Motoren op de diverse bases is gebleken dat voor de Specialist Motoren die naar het buitenland wordt uitgezonden niet zo'n duidelijke scheiding van werkplekken kan worden gehanteerd. Een Specialist Motoren op een buitenlandse basis moet namelijk, onder andere, kunnen storing-zoeken met behulp van weinig testapparatuur, en onderhoudswerkzaamheden kunnen uitvoeren die betrekking hebben op zowel de uitgebouwde als de ingebouwde motor. Het lijkt er dus op dat deze Specialist Motoren meer een all round monteur moet zijn. Wellicht dat voor Specialist Motoren werkzaam op een buitenlandse basis een apart of aangepast opleidingstraject moet worden ontwikkeld.

Op basis van de taakanalyse en de inventarisatie van de hulpmiddelen is het mogelijk aan te geven welke onderwijshulpmiddelen ingezet moeten worden tijdens de opleiding van de Specialist Motoren en op welke wijze het onderwijs gestructureerd zou kunnen worden om een zo goed mogelijke aansluiting tussen opleiding en praktijk te bewerkstelligen. In de volgende hoofdstukken wordt hier nader op ingegaan.

3 BEHOEFTESTELLING ONDERWIJSLEERMIDDELEN

De vakgroep "Motoren" van de LETS moet Specialisten Motoren bekwamen in het gebruik van een breed scala aan hulpmiddelen (testapparatuur, randapparatuur, tools, en special tools). Momenteel is de opleiding sterk georiënteerd op de 200-motor, maar in de nabije toekomst zullen de Specialisten Motoren uitsluitend nog voor de nieuwe 220/220E-motor worden opgeleid.

Op grond van de resultaten van de taakanalyse (Hoofdstuk 2) wordt in dit hoofdstuk vastgesteld aan welke onderwijsleermiddelen behoefte is om Specialisten Motoren op te leiden voor de 220/220E-motor³. Eerst wordt een overzicht gegeven van de onderwijsleermiddelen waarover de Vakgroep "Motoren" van de LETS momenteel beschikt (§ 3.1). Vervolgens wordt, op basis van een vergelijking tussen de taken die Specialisten Motoren moeten uitvoeren enerzijds en de beschikbare onderwijshulpmiddelen anderzijds, aangegeven voor welke taken de LETS nu geen (adequate) onderwijsleermiddelen ter beschikking heeft (§ 3.2). Op basis daarvan wordt een overzicht gegeven van de benodigde onderwijsleermiddelen (§ 3.3). De globaal benodigde functionaliteit van deze onderwijshulpmiddelen wordt in Hoofdstuk 5 besproken.

3.1 Huidige onderwijsleermiddelen

Op dit moment heeft de vakgroep "Motoren" van de LETS de beschikking over de volgende onderwijsleermiddelen (zie ook: Schaafstal & Van Berlo, 1996):

- Borescoop: Het uitvoeren van een borescopie en interpreteren van de beelden zijn belangrijke vaardigheden in het (dagelijks) werk van de Specialist Motoren. Er zijn foto's van borescoop-beelden van motoronderdelen (in een correcte staat van onderhoud) om cursisten te leren dit soort beelden goed te interpreteren. De LETS heeft tevens de mogelijkheid om met behulp van een mock-up de praktische vaardigheden in het uitvoeren van een borescopie aan te leren en te beoefenen.
- CAMS: Het Core Automated Maintenance System. De LETS heeft de beschikking over een PC met aansluiting op het CAMS administratiesysteem voor het geven van praktische oefeningen.
- Simulator van het Engine Diagnostic System, bestaande uit simulaties van: Tester Ignition System (ignition tester), Tester Hydraulic compressor vane positioning (hydraulische RCVV-testkar), Supervisory Control System (SCS) Test Set, en de Testset Aircraft Engine (machnr. simulator).
- Simulator van het Engine Start System, bestaande uit simulaties van de ESS test set en de fluke.
- Start Procedure Trainer
- Engine Trim Box, c.q. engine test set
- Tester Hydraulic compressor vane positioning (Hydraulische RCVV-testkar)
- Hydraulic teststand

³ Hulpmiddelen die uitsluitend gebruikt worden voor de 200-motor, worden niet meegenomen in deze inventarisatie.

- Fluke
- Hijsapparatuur
- Een complete (uitgebouwde) 200-motor
- Spectro-analyzer (oil analyse spectro meter Junior +, of: JOAP-bank) in bruikleen van DELM.
- Jet Air Starter (JAS)
- Industriële koelkast
- CO₂-blusser
- Industriële oven
- Alle TO's en overige documentatie zoals aanwezig op de diverse werkplekken.

3.2 Knelpunten

Op basis van de resultaten van de taakanalyse, de taakstelling van de LETS (het voorbereiden van de Specialist Motoren op de beroepspraktijk), en de beschikbare onderwijsleermiddelen (zie § 3.1) kan een aantal knelpunten worden gesignaleerd. De vakgroep "Motoren" van de LETS beschikt niet voor alle taken waarvoor zij Specialist Motoren moet opleiden over een (geschikt) onderwijsleermiddel. Nu is niet voor elk hulpmiddel een onderwijsleermiddel vereist: vaardigheid in het bedienen van, bijvoorbeeld, de lierinstallatie of de spijkstaal kan wellicht beter en efficiënter op de bases, dan op de LETS, worden verworven. Voor een aantal overige taken geldt echter dat de LETS momenteel, of in de nabije toekomst, de Specialist Motoren niet voldoende kan opleiden door een gebrek aan (adequate) onderwijsleermiddelen. In het bijzonder betreft dit de volgende taken:

- het aansluiten en bedienen van de EMS-apparatuur, en het uitlezen en interpreteren van EMS-gegevens;
- het bedienen van de proefbank en het interpreteren van de gegevens in zowel de motor-draaihal (uninstalled motor) als de vliegtuig-draaihal (installed motor) van de run-up⁴;
- het uitvoeren van JOAP-analyses en calibratie van de spectro-analyzer;
- het sleutelen aan de (uitgebouwde) 220/220E-motor;
- het uitvoeren van startprocedures.

3.3 Benodigde onderwijsleermiddelen

Op grond van de geïnventariseerde knelpunten kunnen de volgende conclusies worden getrokken ten aanzien van onderwijsleermiddelen die nodig zijn om de Specialist Motoren adequaat te kunnen opleiden voor de taken die zij in de operationele praktijk moeten uitvoeren.

⁴ Momenteel wordt door een civiel bedrijf (Techspace Aero) een bedieningscursus gegeven. Uit de interviews met Specialist Motoren van diverse bases is echter gebleken dat deze cursus te gedetailleerd zou zijn, en te weinig aandacht zou besteden aan de interpretatie van de meetgegevens. De cursus zou, met andere woorden, taakgerichter kunnen worden opgezet. Om hier een uitspraak over te doen is een nadere opleidingsanalyse van de betreffende cursus gewenst. Vooralsnog wordt, op grond van de resultaten van de taakanalyse, de bediening van de proefbank en de interpretatie van de meetgegevens als opleidingsbehoefte in dit onderzoek meegenomen.

- Het EMS zal met de invoering van de 220/220E-motor steeds belangrijker worden voor de taakuitvoering van de Specialist Motoren. Daarom zouden de componenten die tezamen het EMS vormen als onderwijsleermiddel beschikbaar moeten komen. Het werkelijke systeem is om verschillende redenen (prijs, flexibiliteit) vermoedelijk minder geschikt. Daarom ligt het voor de hand het EMS-systeem geheel of gedeeltelijk te simuleren. In § 5.1 wordt nader ingegaan op de eisen die aan zo'n gesimuleerde leeromgeving gesteld worden.
- De proefbank (installed en uninstalled) met test-apparatuur neemt een centrale plaats in in de taakuitvoering van de Specialist Motoren op de run-up. Om toekomstige Specialist Motoren goed op te kunnen leiden in het werken met deze apparatuur zou deze als simulatie beschikbaar moeten komen. In de werkelijke taakomgevingen voedt een draaiende motor (al dan niet met klachten) de testapparatuur met gegevens. Deze gegevens kunnen gesimuleerd worden. De gesimuleerde gegevens moeten vervolgens worden doorgegeven aan de test-apparatuur. Het is overigens niet noodzakelijk dat de test-apparatuur organiek is. Een symbolische representatie ervan is voor onderwijsdoeleinden voldoende (zie verder § 5.2 voor eisen aan de leeromgeving).
- Het analyseren van olie-monsters is een gespecialiseerde en belangrijke taak van een Specialist Motoren. Als het bedienen van de spectro-analyzer voor het uitvoeren van JOAP-analyses tot de taken behoort waarvoor de LETS opleidt, dan zou er een onderwijsleermiddel moeten komen waarmee de Specialist Motoren (werkelijke of gesimuleerde) JOAP-analyses kan uitvoeren, en waarmee hij de (werkelijke of gesimuleerde) spectro-analyzer kan calibreren. De vakgroep "Motoren" van de LETS heeft weliswaar momenteel een spectro-analyzer in bruikleen van DELM, maar er is geen garantie dat deze structureel voor opleidingsdoeleinden beschikbaar blijft. In § 5.3 wordt hier verder op ingegaan.
- Nu vliegt een groot deel van de F-16's nog met 200-motoren, maar in de nabije toekomst zullen deze motoren worden vervangen door de modernere 220/220E. De LETS geeft aan dat de architectuur van dit type op een aantal belangrijke punten verschilt van die van de 200-motor. Dat betekent dat er van het leren sleutelen op de 200-motor onvoldoende transfer te verwachten is naar de 220/220E. Gegeven de aard van de taak (sleutelen) lijkt training met behulp van een simulatie uitgesloten. Er zou daarom een (gedeelte van een) organieke, uitgebouwde, 220/220E-motor beschikbaar moeten komen als onderwijsleermiddel om de benodigde ervaring in het sleutelen op te doen. In § 5.4 wordt dieper ingegaan op dit onderwijsleermiddel.
- Voor Specialist Motoren werkzaam op de lijn en in de vliegtuig-draaihal is het uitvoeren van startprocedures een belangrijk onderdeel van het takenpakket. Goede taakbeheersing is vereist voor het handhaven van de persoonlijke en materiële veiligheid. Er zou daarom een onderwijsleermiddel beschikbaar moeten komen om de startprocedures adequaat te trainen. De huidige Start Procedure Trainer is echter in zowel technisch als functioneel opzicht sterk verouderd. Met name het nu lopende proces van de mid-life update (MLU) van de F-16 heeft belangrijke consequenties voor de inrichting van de cockpit. Ook de functionaliteit van de nieuwe 220/220E-motor heeft, in vergelijking tot

de 200-motor, consequenties voor de inrichting van de cockpit. De nieuw te ontwikkelen trainer zal daaraan moeten zijn aangepast⁵. In § 5.5 wordt nader ingegaan op de eisen die aan zo'n gesimuleerde leeromgeving gesteld worden.

4 ONTWIKKELING EN TOEPASSING VAN TRAINERS

In het vorige hoofdstuk is geconcludeerd dat er behoefte is aan verschillende onderwijsleermiddelen voor een adequate opleiding tot Specialist Motoren. In dit hoofdstuk worden algemene overwegingen besproken die gelden bij de ontwikkeling van geavanceerde onderwijsleermiddelen, zoals trainers. In het volgende hoofdstuk worden die overwegingen geconcretiseerd voor de onderwijsleermiddelen benodigd voor de opleiding tot Specialist Motoren.

4.1 Een gesimuleerde taakomgeving als leeromgeving

In het algemeen gesteld worden mensen voor hun taken opgeleid òf op de werkplek zelf (training on-the-job) òf op een andere lokatie dan de werkplek (off-the-job). Een belangrijk voordeel van on-the-job training is dat de cursist de vaardigheden leert in de context van de werkelijke taakomgeving. Een nadeel is echter dat er vaak geen goede kennisopbouw mogelijk is omdat de cursist onmiddellijk wordt geconfronteerd met het werkelijke systeem, in al zijn complexiteit en detail. Bij off-the-job opleidingen is het werkelijke systeem en taakomgeving doorgaans niet beschikbaar. Daardoor is een gebrek aan mogelijkheden om praktische vaardigheden te oefenen een veel voorkomend knelpunt bij deze vorm van opleiden. Dit probleem kan geheel of gedeeltelijk ondervangen worden door het werkelijke systeem en taakomgeving te simuleren (Patrick, 1992). Met behulp van simulatie wordt de (dynamische) taakomgeving zodanig nagebootst dat taakrelevante informatie op een voldoende adequate manier wordt verstrekt. Een mogelijkheid om zo'n leeromgeving te realiseren is een simulator/trainer, of simulatie-COO (Van Berlo, 1996). Meerwaarde vanuit het oogpunt van opleiden is dat trainingen met een simulator kunnen worden ingebed in een gestructureerd leertraject, dat er betere mogelijkheden zijn voor prestatietellingen en terugkoppeling, en dat er door registratie van het trainingsverloop goede mogelijkheden zijn voor differentiatie en individualisatie.

4.2 Simulatie en trainers

Het is belangrijk om een onderscheid te maken tussen simulatie en trainers. Een *simulatie* is een dynamische en symbolische representatie van het gedrag van een systeem (Barton,

⁵ Overigens geldt dit niet uitsluitend voor de Vakgroep Motoren van de LETS; ook voor opleidingen verzorgd door andere vakgroepen kan een nieuwe Start Procedure Trainer waardevol of zelfs noodzakelijk zijn. Om hier een beter inzicht in te krijgen moeten echter de taken van de betreffende Specialisten goed geanalyseerd worden.

1970). De gebruiker heeft interactie met dit systeemmodel door middel van een interface (bedieningsomgeving). Dit stelt de gebruiker in staat om het gemodelleerde proces te beïnvloeden (voor simulatie van een apparaat is dit bijvoorbeeld: drukken op knoppen, indrukken van pedalen, intoetsen van commando's enzovoort). De interface informeert de gebruiker tevens over de (veranderende) toestand van het systeem (bv. door lampjes, meters, enzovoort). Simulatie is dus niet meer dan een middel ter vervanging of representatie van een systeem en taakomgeving.

In sommige gevallen is een simulatie van een systeem en omgeving een geschikt middel om mensen voor te bereiden op taakuitvoering op het werkelijke systeem. De simulatie wordt dan geïntegreerd met instructiefaciliteiten die bedoeld zijn om het leerproces te bevorderen. De combinatie van simulatie en instructiefaciliteiten wordt aangeduid met "*trainer*". Er zijn trainers waarbij de bedieningsomgeving zeer natuurgetrouw is (bv. een rijsimulator met een stuur, pedalen, versnelling, etc.). Soms echter is de aansturing van in- en output van het systeemmodel sterk symbolisch (bv. door knoppen die de functie van een actor (pedaal, handel, etc.) representeren). Als een gebruiker kan interacteren met een simulatie die draait op een PC, dan wordt vaak gesproken "simulatie COO".

4.3 Indicaties voor de inzet van trainers

De ontwikkeling en aanschaf van trainers is een complexe, tijdrovende en kostbare zaak. Daarom moet zorgvuldig nagegaan worden of de inzet van zo'n geavanceerd onderwijsleermiddel de knelpunten kan oplossen.

Simulatie is vooral geschikt voor instructie in processen, en trainingen in procedures omdat de computer de dynamiek van een proces of taakuitvoering op een interactieve manier aan de student kan aanbieden (Kearsley & Hillelsohn, 1982; Min, 1987; Patrick, 1992). De voordelen zijn het grootst als de te leren taak: (1) in de werkelijkheid erg snel of langzaam verloopt maar gesimuleerd aanmerkelijk overzichtelijker kan worden gerepresenteerd, (2) uitgevoerd wordt op een bijzonder, zelden beschikbaar, of duur systeem, (3) moeilijk is, waardoor er frequent fouten gemaakt worden en er dus vaak terugkoppeling en aanwijzingen gegeven moeten worden, (4) gevaarlijk of stress-vol is, en (5) veel infrastructurele en logistieke ondersteuning vereist (De Jong, 1991; Kearsley & Hillelsohn, 1982).

4.4 Trainen met trainers

Een leeromgeving waarin de werkelijke taakomgeving met behulp van een trainer wordt gesimuleerd kan worden beschouwd als een geheel van (systeem)model, trainingsscenario's en instructiefaciliteiten (Reigeluth & Schwartz, 1989). Het gedrag van het systeem als functie van inputs van een gebruiker is vastgelegd in een model dat meestal een mathematische beschrijving is van oorzaak-gevolg relaties die geldig zijn binnen dat systeem. Trainingsscenario's zijn in meer of mindere mate een afspiegeling van de wijze waarop de taak in de werkelijkheid wordt uitgevoerd: hierin staat gedefinieerd wat er precies gebeurt en op welke wijze de gebruiker (cursist) invloed op het taakverloop kan uitoefenen (zie § 4.4.1).

De derde component, instructiefaciliteiten, zijn als het ware aan de simulatie toegevoegd en speciaal bedoeld om het leren positief te beïnvloeden. Zij behelzen de mogelijkheid om leertrajecten te specificeren, (automatisch) prestatiemetingen te verrichten, feedback over taakprestatie te geven, aanwijzingen voor taakuitvoering te verstrekken, etc. (zie § 4.4.2) (Van den Bosch, 1995).

4.4.1 Systeemmodellering

Voor de ontwikkeling van specificaties van een trainer zijn taak-, systeem- en trainingsanalyses nodig. De taakanalyses geven antwoord op de vraag over welke competenties de cursist uiteindelijk moet beschikken. Die informatie wordt gebruikt voor het opstellen van trainingsscenario's die de cursist in staat moeten stellen om de competenties te verwerven. Deze trainingsscenario's bepalen dus de mogelijke interacties met het systeem en definiëren daarmee de benodigde modellering. Een systeemanalyse is nodig om er zeker van te zijn dat de gebruiker de juiste terugkoppeling krijgt na een bepaalde actie, of sequentie van acties. Belangrijk is dat de trainerspecificaties direct voortvloeien uit de opleidingsbehoefte. Als de opleidingsorganisatie zich ten doel stelt om cursisten meer taken en vaardigheden te leren, of taken tot op een hoger niveau van beheersing te trainen, dan betekent dit doorgaans dat er complexer trainingsscenario's nodig zijn, waarvoor vaak een grotere diepgang van simulatie vereist is. Tegelijkertijd is er een grotere noodzaak om cursisten op details terugkoppeling en begeleiding te kunnen geven.

Een belangrijke vraag is met welke mate van natuurgetrouwheid (de interacties met) het systeem gemodelleerd moet worden in de trainer. In dit verband wordt vaak een onderscheid gemaakt tussen fysieke en functionele validiteit. Een simulatie is fysiek valide als deze een tot in details natuurgetrouwe weergave van de werkelijkheid betreft. Een functioneel valide simulatie bevat alle taakrelevante informatie, maar de wijze waarop deze informatie wordt verstrekt hoeft niet noodzakelijkerwijze identiek te zijn aan die in de werkelijkheid. Voor een goede leeroverdracht is een functioneel valide simulatie altijd een vereiste, maar het belang van fysieke validiteit wordt bepaald door het type taak (bv. cognitief, perceptief-motorisch, procedureel) en het vaardigheidsniveau van de op te leiden cursist (beginner, expert) (hier wordt nader op ingegaan in Hoofdstuk 5). Uit onderzoek blijkt dat fysieke validiteit vooral geboden is voor het trainen van gevorderde cursisten in psychomotorische taken. Voor training van cognitieve en procedurele taken is fysieke validiteit van meer ondergeschikt belang (Alessi, 1988; Patrick, 1992).

4.4.2 Instructiefaciliteiten

Voor toepassing in een trainer kunnen de volgende instructiefaciliteiten worden onderscheiden: uitleg ('instructie-tutorial'), demonstratie, oefening, terugkoppeling en hulp. Een instructie-tutorial heeft betrekking op de voorwaardelijke theoretische kennis die relevant is voor het betreffende trainingsscenario. Bij een demonstratie ziet de cursist hoe een (deel)-procedure moet worden uitgevoerd. Oefeningen dienen om de cursist zelfstandig de geleerde kennis toe te laten passen op een wijze die overeenstemt met de gestelde leerdoelen. Om de cursist te informeren over de kwaliteit van zijn handeling(en) worden twee typen feedback onderscheiden: 'intrinsieke' en 'extrinsieke' (Alessi & Trollip, 1985; Annett, 1961).

Intrinsieke feedback betreft informatie over de taakuitvoering die ook in de werkelijkheid beschikbaar is. Extrinsieke feedback is aanvullende informatie over de taakprestatie. Als er fouten worden gemaakt die mogelijkwijs het gevolg zijn van kennishiaten of misconcepties, dan is het verstandig om extrinsieke feedback te geven in de vorm van feedback-tutorials. Deze zijn speciaal bedoeld om kennis-hiaten op te vullen en om eventuele misvattingen te corrigeren. Hulp ('guidance') verschilt van feedback met betrekking tot het tijdstip waarop de informatie wordt gegeven. Feedback wordt, per definitie, na uitvoering van een (deel)taak gegeven; hulp gaat daaraan vooraf. Vaak toegepaste vormen van hulp zijn het richten van de aandacht (door 'hints' of 'cues') en het geven van specifieke (extra) achtergrondinformatie die op dat moment in taakuitvoering van belang is (Holding, 1965; Patrick, 1992). Net als voor 'systeemmodellering' (zie § 4.4.1) geldt dat de specifieke invulling van de instructiefaciliteiten afhankelijk is van het niveau van de doelgroep en de plaats van het scenario in het trainingstraject (hier wordt nader op ingegaan in Hoofdstuk 5).

5 GLOBALE SPECIFICATIES ONDERWIJSLEERMIDDELEN

In Hoofdstuk 3 is vastgesteld dat voor de training in een aantal vaardigheden (geavanceerde) onderwijsleermiddelen beschikbaar moeten komen. De eisen waaraan deze leermiddelen moeten voldoen wordt in belangrijke mate bepaald door het type taak en de fase van vaardigheidsontwikkeling van de cursisten waarvoor het onderwijsleermiddel zal worden ingezet. In dit hoofdstuk wordt, per onderwijsleermiddel, eerst in het algemeen ingegaan op de relatie tussen vaardigheidsniveau en eisen aan het leermiddel. Daarna volgt voor elk van de geïdentificeerde vaardigheden een voorlopige selectie en omschrijving van de trainings-scenario's die het onderwijsleermiddel moet ondersteunen, wat daarvoor de benodigde diepgang van modellering is, en welke instructiefaciliteiten nodig zijn voor een effectieve inzet ten behoeve van training.

Het benodigde niveau van modellering van het onderwijsleermiddel (oftewel: de mate van natuurgetrouwheid van het onderwijsleermiddel) wordt niet alleen bepaald door het type taak (zie § 4.4.1), maar ook door het gewenste niveau van beheersing waarvoor wordt opgeleid. De cognitieve psychologie onderscheidt vaak drie fasen in de ontwikkeling van vaardigheden: de kennis-fase, de procedure-fase en de autonome fase (vgl. Anderson, 1983; Fitts & Posner, 1967). In de kennis-fase gaat het om het aanleren van de informatie die nodig is voor taakuitvoering; een beschrijving van de handelingen en vertrouwd raken met de bedieningsomgeving en de terminologie. In deze fase kan de taakomgeving voldoende worden gerepresenteerd met plaatjes, diagrammen en simpele (deel)simulaties. Er worden geen hoge eisen gesteld aan de fysieke validiteit (hoge natuurgetrouwheid). In de procedure-fase staat niet zozeer kennis over de taakverrichting centraal, maar meer het leren uitvoeren ervan. De geleerde kennis moet door toepassing meer taakuitvoeringsgericht worden. Daarvoor moeten de effecten van taakhandelingen op een functioneel juiste en geloofwaardige manier worden gesimuleerd, maar een complete en in alle opzichten waarheidsgetrouwe simulatie is daarvoor niet wezenlijk. In de autonome fase tenslotte worden bepaalde deeltaken, door veelvuldig oefenen, geautomatiseerd. Dat betekent dat uitvoering van de betreffende deeltaak snel is, weinig verwerkingscapaciteit kost en geen bewuste aandacht

vraagt zodat tegelijkertijd andere, meer gecompliceerde, deeltaken kunnen worden verricht. Om dit niveau van taakbeheersing door training te bereiken is een leeromgeving met een hoge mate van natuurgetrouwheid nodig.

In de onderstaande paragrafen wordt aangegeven aan welke globale specificaties de benodigde onderwijsleermiddelen (zie § 3.3) moeten voldoen. Dit wordt achtereenvolgens beschreven voor het Engine Monitoring System (§ 5.1), de testapparatuur voor de proefbank(en) (§ 5.2), de spectro-analyzer (§ 5.3), de (uitgebouwde) 200/220E-motor (§ 5.4), en een Start Procedure Trainer (§ 5.5).

5.1 Engine Monitoring System (EMS)

Het Engine Monitoring System (EMS) is een verzamelnaam van geautomatiseerde hulpmiddelen die de Specialist Motoren ter beschikking staan bij het diagnostiseren van de toestand van de 220/220E-motor. Er worden verschillende componenten onderscheiden die hieronder kort worden toegelicht (zie voor een uitgebreide beschrijving: Bijlage 2). De DEEC en de EDU zijn elektronische controlesystemen die zich op de motor bevinden. De status van de motor en alle mogelijke gebeurtenissen ('events') die zich voor kunnen doen worden hier online in opgeslagen. Deze informatie kan worden uitgelezen met behulp van verschillende typen grondapparatuur die op de motor moeten worden aangesloten. De volgende typen grondapparatuur worden onderscheiden: het DTS, de DCU, de EAU, het CEDS en de GSU. Elk type heeft zijn eigen mogelijkheden en beperkingen. Vaak moeten de geregistreerde gegevens ingevoerd worden in het centraal administratiesysteem 'CAMS'. Dat gebeurt meestal handmatig, maar kan ook automatisch met behulp van het DTS.

Vaardigheden

De Specialist Motoren moet de verschillende typen grondapparatuur kunnen aansluiten en bedienen, en EMS-gegevens kunnen uitlezen en interpreteren.

Globale trainingsanalyse en identificatie van trainingsscenario's

Instructie en training in het correct aansluiten van grondapparatuur vereist, vanwege het perceptief-motorische karakter van de taak, een leeromgeving met een hoge mate van natuurgetrouwheid. Dit leerdoel is vermoedelijk met een beperkt aantal oefeningen te halen. Voor het leren van de bedieningsprocedures (selecteren van instellingen, zetten van switches, etc.) kan worden volstaan met een meer symbolische representatie van de taakomgeving. In zo'n omgeving zijn de haptonomische aspecten van de taak (kennis van de exacte ruimtelijke dimensies van het bedieningspaneel en 'gevoel' van de bediening) weliswaar doorgaans niet goed te trainen, maar deze zijn voor de verwerving van taakcompetentie ook van minder groot belang. De interpretatie van EMS-gegevens is primair een cognitieve taak: de Specialist Motoren moet de gegevens evalueren en een beslissing nemen t.a.v. vervolgacties. De manier waarop de gegevens de Specialist Motoren bereiken is daarvoor van ondergeschikt belang.

Samenvattend kan worden gesteld dat het onderwijsleermiddel de cursist in staat moet stellen de EMS-grondapparatuur zelfstandig te leren bedienen, en op basis van uitgelezen (gesimuleerde) gegevens conclusies te trekken en vervolg-acties uit te voeren, of te plannen. Het aansluiten van de grondapparatuur, en het vertrouwd raken met de fysieke eigenschappen van de apparatuur zijn leerdoelen die wellicht beter in de praktijklessen kunnen worden ondergebracht.

Niveau van modellering

Voor realisering van de hierboven omschreven functionaliteit van het onderwijsleermiddel is de organieke apparatuur niet per se noodzakelijk. Gesimuleerde modellen van de DEEC, EDU en grondapparatuur bieden betere mogelijkheden voor instructie en training. De werkelijke apparatuur heeft, in tegenstelling tot een gesimuleerde taakomgeving, immers geen faciliteiten voor prestatieregistratie, hulp en terugkoppeling. In een gesimuleerde taakomgeving moet de functionaliteit van de DEEC, EDU en grondapparatuur worden gesimuleerd in een dynamisch en interactief systeem. Daarbij is het van belang dat gesimuleerde gegevens en storingsen representatief zijn voor de werkelijkheid, en moeten eventuele gecombineerde storingsen logisch consistent zijn. Het is belangrijk dat de interface toegang geeft tot dezelfde functionaliteit als het werkelijke apparaat (functionele validiteit). Dit kan waarschijnlijk betrekkelijk eenvoudig door middel van een simulatieprogramma op een PC.

Instructiefaciliteiten

Het leermiddel moet de handelingen van de cursist kunnen registreren en bewaren. Op onjuiste acties moet het programma terugkoppeling en aanwijzingen kunnen geven. Het programma moet zelfstandig of door tussenkomst van de instructeur aanvullende opdrachten kunnen geven voor remediatie of verdieping. Leerlingprestaties moeten geëvalueerd kunnen worden, zowel individueel als over groepen (voor bv. evaluatie van instructie en toetsvalidatie).

Het opnemen van inhoudelijke achtergrondinformatie in de vorm van 'tutorials' kan een zelfstandig gebruik door cursisten bevorderen. Dit maakt het programma echter complexer en duurder. Bij het nemen van een beslissing hierover dient de rol van de instructeur in beschouwing te worden genomen.

5.2 Testapparatuur voor de proefbank(en)

Voor het diagnostiseren van de toestand van een draaiende motor heeft de Specialist Motoren de beschikking over een proefbank. Met behulp van de proefbank kan de motor worden aangestuurd (bv. throttle), en met testapparatuur worden gegevens over het motorgedrag geregistreerd (bv. brandstofverbruik, temperatuur, etc.). In de motor-draaihal wordt de uitgebouwde motor getest; in de vliegtuig-draaihal de ingebouwde motor.

Vaardigheden

Het bedienen van de proefbank met inachtneming van de veiligheidsprocedures, en het interpreteren van de gegevens.

Globale trainingsanalyse en identificatie van trainingsscenario's

Instructie en training in het correct aansluiten van de testapparatuur aan de motor en vliegtuig (alleen vliegtuig-draaihal) vereist, vanwege het perceptief-motorische karakter van de taak, een leeromgeving met een hoge mate van natuurgetrouwheid. Het selecteren en uitvoeren van tests zijn echter vaardigheden die ook in een meer symbolische leeromgeving geleerd kunnen worden. Het uitvoeren van de taken onder stress (door bv. lawaai en stank) zijn aspecten die vermoedelijk uitsluitend in de praktijk kunnen worden verworven.

Samenvattend kan worden gesteld dat voor een adequate voorbereiding van de Specialist Motoren voor zijn taken op de run-up, een onderwijsleermiddel beschikbaar moet zijn waarmee de cursist verschillende test- en trimprocedures kan uitvoeren en waarmee hij ervaring kan opdoen met de afhandeling van een breed scala aan representatieve (motor-) klachten. Het aansluiten van de testapparatuur, en ervaring opdoen met taakuitvoering onder stress, zijn leerdoelen die beter in de praktijklessen of de OTT kunnen worden ondergebracht.

Niveau van modellering

Voor realisering van de hierboven omschreven functionaliteit van het onderwijsleermiddel is de organieke apparatuur niet per se noodzakelijk. Simulatie van motorgedrag (inclusief storingen) en proefbankapparatuur in een trainer biedt waarschijnlijk betere mogelijkheden voor instructie en training. Het is belangrijk dat de interface van de trainer toegang geeft tot dezelfde functionaliteit als de werkelijke proefbank (functionele validiteit) maar de manier van presenteren hoeft niet noodzakelijkerwijs conform de werkelijkheid zijn.

Instructiefaciliteiten

Het selecteren en uitvoeren van tests zijn procedurele vaardigheden. Voor het leren van de juiste bedieningsprocedures en het selecteren van de juiste tests moet het programma terugkoppeling kunnen geven op juiste en foute acties. Zie voor verdere specificaties: § 5.1.

5.3 Spectro-analyzer

De spectro-analyzer (oil analyse spectro meter Junior +), is een apparaat voor de analyse van synthetische motor-olie op slijtagedeeltjes, teneinde (vroegtijdige) slijtage en gebreken aan de motor tijdig te kunnen ontdekken. Het is dus preventief, non-destructief onderzoek.

Vaardigheden

De Specialist Motoren voert olie-analyses uit en calibreert de JOAP-bank. Daarnaast is de Specialist Motoren ook belast met het inpakken van de JOAP-bank in een container voor verzending, en het uitpakken ervan na toezending.

Globale trainingsanalyse en identificatie van trainingsscenario's

De procedures voor het uitvoeren van analyses en calibraties hebben deels betrekking op handwerk (juiste behandeling van materialen, procedures voor het (tijdelijk) wegleggen van onderdelen, schoonmaken van machine-onderdelen, etc.), en deels betrekking op machinebediening (setten van switches, aflezen van meters, etc.). Training en instructie in de handmatige aspecten van de taak vereist een leermiddel met een hoge mate van natuurgetrouwheid, terwijl voor training en instructie in de bedieningsaspecten kan worden volstaan met een meer symbolische leeromgeving.

Samenvattend kan worden gesteld dat voor een volledige taakvoorbereiding een zeer natuurgetrouwe leeromgeving nodig is. Als de opleiding op de LETS zich daarentegen beperkt tot het aanleren van de bedieningsaspecten, en de handmatige aspecten onderbrengt in de OTT-periode, dan kan worden volstaan met een symbolische leeromgeving.

Niveau van modellering

Voor realisering van de opleidingsdoelstelling tot volledige taakbeheersing is een organieke JOAP-bank noodzakelijk. Voor het uitsluitend aanleren van de bedieningsaspecten kan worden volstaan met een simulatie van de bank, ingebed in een trainer. Een voordeel van een gesimuleerde leeromgeving is dat het eenvoudiger is om verschillende monster-samenstellingen als oefenmateriaal te gebruiken.

Instructiefaciliteiten

De evaluatie van het in- en uitpakken, en de beoordeling van handmatige werkzaamheden tijdens het uitvoeren van analyses en calibraties, zal moeten gebeuren door een instructeur die ook de terugkoppeling en ondersteuning zal moeten verzorgen. Als ook de bedieningsaspecten worden getraind met behulp van het werkelijke systeem, dan zal de instructeur ingezet moeten worden voor evaluatie en feedback, omdat de JOAP-bank niet over instructiefaciliteiten beschikt. Een trainer heeft t.o.v. het werkelijke systeem als voordeel dat prestatiemetingen en terugkoppelingen automatisch kunnen worden verricht. Na training zullen echter enkele praktijklessen op de JOAP-bank nodig zijn om de op de trainer geleerde vaardigheden met succes over te dragen naar het werkelijke systeem.

5.4 (Uitgebouwde) 220/220E-motor

Het opdoen van ervaring in het sleutelen is een belangrijk onderdeel van de opleiding Specialist Motoren. Vooral de vaardigheid om te sleutelen conform de technische documen-

tatie is hierbij essentieel. Momenteel beschikt de vakgroep motoren van de LETS over een complete uitgebouwde 200-motor. Behalve hardware-matig gezien verschillen een 200-motor en een 220/220E-motor van elkaar met betrekking tot de benodigde special tools en testapparatuur.

Vaardigheden

Het op juiste wijze volgen en raadplegen van de technische documentatie, de aanwijzingen in de documentatie kunnen vertalen naar concrete handelingen, het speciale gereedschap en het standaardgereedschap op de juiste wijze gebruiken, de veiligheidsvoorschriften in acht nemen.

Globale trainingsanalyse en identificatie van trainingsscenario's

Instructie en training in het sleutelen aan de 220/220E-motor vereist, vanwege het perceptief-motorische karakter van de vaardigheden, een onderwijsleermiddel met een hoge mate van natuurgetrouwheid.

Niveau van modellering

De haptonomische aspecten van de taak (kennis van de exacte ruimtelijke dimensies van de motor en tools; 'gevoel' van gereedschapsgebruik) zijn dermate belangrijk dat voor een adequate voorbereiding waarschijnlijk een organieke 220/220E-motor noodzakelijk is. Een alternatief is om de Specialist Motoren op de LETS vooralsnog sleutelervaring op te laten doen met de huidige 200-motor, en specifieke ervaring met de 220/220E-motor tijdens de OTT op te laten doen. De implicaties hiervan voor de inzetbaarheid van Specialist Motoren na de opleiding zijn op dit moment niet geheel duidelijk. Vooralsnog lijkt de beschikbaarheid van een uitgebouwde 220/220E-motor de meest wenselijke oplossing.

Instructiefaciliteiten

De evaluatie van de kwaliteit van de werkzaamheden tijdens het sleutelen aan de motor zal moeten gebeuren door een instructeur die tevens de terugkoppeling en ondersteuning zal moeten verzorgen.

5.5 Start Procedure Trainer

Op het vliegend squadron en de vliegtuig-draaihal moet het vliegtuig, ten behoeve van inspecties en tests, gestart kunnen worden. Dat gebeurt door twee Specialist Motoren: de 'cockpit operator', die zich in de cockpit bevindt, en de 'ground observer', die zich buiten het vliegtuig bevindt. De procedures worden door beide Specialisten gezamenlijk uitgevoerd, waarbij zij communiceren door middel van een 'headset'. Hoewel beide Specialisten nodig zijn, verricht de cockpit operator het grootste deel van de acties, en heeft de ground observer een meer observerende taak (bv. fuel leakage check, engine fires, EMS NoGo fail indicator). De procedures die geleerd moeten worden hebben betrekking op 'general

maintenance', 'cockpit preparation' 'engine start', 'engine shutdown', en 'aircraft restoration'. De veiligheidsprocedures die gevolgd moeten worden bij het optreden van storingen en gevaar, zijn expliciet onderdeel van de opleiding.

Momenteel is bij de vakgroep motoren van de LETS een Start Procedure Trainer in gebruik die niet alleen technologisch gedateerd is, maar door het lopende proces van de Mid Life Update F-16 ook functioneel verouderd is.

Vaardigheden

De Specialist Motoren moet de verschillende startprocedures kunnen uitvoeren, storingen (failure modes) en gevaar kunnen herkennen en de daarbij correcte handelingen kunnen uitvoeren.

Globale trainingsanalyse en identificatie van trainingsscenario's

Een belangrijk deel van de taken zijn bedieningsprocedures (setten van switches, aflezen van meters, interpreteren van signalen, enzovoort), die worden uitgevoerd vanuit de cockpit (engine tester), of vanuit de buitenkant van het vliegtuig (ground tester). Daarnaast zijn er een aantal voorschriften en procedures met een meer perceptief-motorisch karakter (plaatsen van de parkeerblokken, bedienen van de gecombineerde rem/roer pedalen, bedienen van de throttle, plaatsen van zuurstof- en veiligheidsmasker, etc.). Tenslotte is de communicatie tussen cockpit operator en ground observer van belang. Ten behoeve van de training van de cockpit operator wordt momenteel de ground observer gesimuleerd door de instructeur. Trainingsscenario's waarbij beide operators als team kunnen worden getraind kan een positief effect hebben op het rendement en de attractiviteit van training.

De vraag welke trainingsscenario's door een Start Procedure Trainer ondersteund moeten worden hangt af van de doelstelling die de opleidingsorganisatie zich stelt. Onder de veronderstelling dat er tijdens de OTT en de operationele praktijk weinig of geen mogelijkheden zijn tot systematische instructie en oefening in veiligheidsprocedures, lijkt de eis gerechtvaardigd dat de Specialist Motoren direct na de opleiding volledig en zelfstandig inzetbaar is voor het uitvoeren van startprocedures. Bij deze doelstelling moet de vakgroep motoren van de LETS trainingsscenario's kunnen realiseren waarbij de procedurele, perceptief-motorische, en communicatieve taakvaardigheden (in samenhang) geoefend kunnen worden.

Niveau van modellering⁶

Instructie en training in de startprocedures voor de engine tester vereist een simulatie van de cockpit, waarbij een aantal functionaliteiten met een hoge mate van natuurgetrouwheid moeten worden gerepresenteerd. Met name de bediening van, onder andere, de canopy, zuurstof- en veiligheidsmasker, rudder/brake pedalen moeten overeenkomstig de werkelijk-

⁶ De hierboven geschetste overwegingen zijn gebaseerd op een globaal inzicht van de taken. Gedetailleerde taak, systeem- en trainingsanalyses, alsmede een duidelijke afbakening van de opleidingsverantwoordelijkheid, zijn nodig voor specifiekere functionele specificaties van de trainer.

heid zijn voor een goede beheersing van de veiligheidsprocedures. Voor het leren bedienen van de grote hoeveelheid controls en indicators moet de lay-out van de cockpit op één of andere manier in de leeromgeving worden gerepresenteerd: een directe replica van een cockpit (mock-up) is hiervoor vermoedelijk het meest geschikt, maar is niet absoluut vereist (een andere mogelijkheid is bv. simulatie-COO). Voorwaarde is wel dat de functionaliteit van de controls moet worden gesimuleerd tot op het niveau dat van belang is voor de taak [dus naar voren duwen van de throttle heeft invloed op de toerenteller-indicator, maar de hoogtemeter hoeft niet te worden gesimuleerd (de indicator moet om redenen van herkenbaarheid van de bedieningsomgeving wel in de simulatie worden weergegeven)]. Voor de verwerving van vaardigheid in start- en veiligheidsprocedures is simulatie van het buitenbeeld niet nodig. Een (elementaire) simulatie van geluid lijkt wel noodzakelijk als terugkoppeling van throttle-bediening. Ook de bewegingen van het (taxiënde) vliegtuig behoeven niet te worden gerepresenteerd, met uitzondering wellicht van de effecten van het remmen (een lineaire schok). De communicatie met de ground observer kan plaats vinden door middel van een headset, waarbij een instructeur de ground observer simuleert.

De ground observer is primair belast met het uitvoeren van checks en het observeren van het toestel en motor. Een deel van de gebeurtenissen die een response vragen van de ground observer kunnen betrekkelijk eenvoudig worden gesimuleerd (bv. EMS/ NoGo indicator light on), maar een ander deel kan uitsluitend symbolisch worden weergegeven (bv. engine fire).

Instructiefaciliteiten

De trainer moet de acties van de engine tester kunnen registreren en bewaren. Op onjuiste acties moet terugkoppeling en aanwijzingen gegeven kunnen worden. Als de training van teams door de trainer wordt ondersteund, dan zijn er instructiefaciliteiten nodig om de prestaties van het team te registreren, te bewaren en te evalueren. Het opnemen van inhoudelijke achtergrondinformatie in de vorm van 'tutorials' kan een zelfstandig gebruik van de trainer door cursisten bevorderen (zie verder § 5.1).

6 NAAR EEN NIEUW OPLEIDINGSTRAJECT

Uit oriënterende gesprekken bij de vakgroep "Motoren" van de LETS en op de verschillende bases kwam naar voren dat de afstemming tussen de opleiding tot Specialist Motoren en de te verrichten taken op de uiteindelijke werkplek niet altijd optimaal is (zie Schaafstal & Van Berlo, 1996). Ook bij latere bezoeken aan de bases werd dit beeld bevestigd. De oorzaak van dit knelpunt lijkt te zijn dat de taken van de Specialist Motoren van werkplek tot werkplek zeer verschillen. De vakgroep "Motoren" probeert dit op te vangen door de Specialist Motoren zo breed mogelijk op te leiden, maar dit kan niet voorkomen dat de vaardigheidstraining in een bepaalde taak voor de ene werkplek nauwelijks voldoende is, terwijl datzelfde vaardigheidsniveau voor een andere werkplek onnodig hoog is.

Een mogelijke oplossing van dit knelpunt is het ontwikkelen van een meer gedifferentieerd opleidingstraject, waarbij de opleiding zich toespitst op het aanleren van vaardigheden die

nodig zijn voor de taken die op de betreffende werkplek verricht moeten worden. Met nadruk wordt vermeld dat de in dit hoofdstuk voorgestelde aanpak open staat voor discussie. Het is namelijk op dit moment niet geheel duidelijk hoe de voorgestelde aanpak zich verhoudt tot de algemene opleidingsfilosofie van de KLu, en welke organisatorische en onderwijskundige mogelijkheden er zijn om deze oplossing tot een succes te maken. Het voorstel dat in het eindrapport zal worden gepresenteerd zal mede tot stand komen op grond van de uitkomsten van de beoogde discussie.

6.1 Een indeling naar type werkplek

Op basis van de resultaten van de taakanalyse (zie: Van Berlo, Van den Bosch, e.a., 1996) kunnen de vijf verschillende werkplekken ingedeeld worden in drie categorieën (zie Fig. 1).

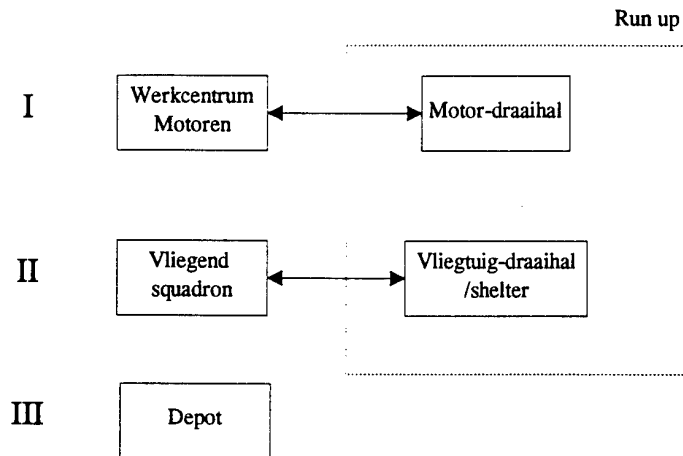


Fig. 1 Werkplekken van de technisch specialist.

Deze indeling kan worden gebruikt om de opleiding tot Specialist Motoren te structureren. Elk van de onderscheiden categorieën wordt hieronder toegelicht.

6.1.1 Categorie I: Werkcentrum Motoren en de motor-draaihal

Categorie I verwijst naar de werkplekken waar de Specialist Motoren werkt aan een uitgebouwde motor. Uit de taakanalyse komt naar voren dat de Specialist Motoren van het Werkcentrum Motoren de uitgebouwde motor begeleidt naar de motor-draaihal van de run-up, daar de benodigde werkzaamheden uitvoert, en de motor weer terug begeleidt naar het Werkcentrum Motoren⁷.

⁷ Uit de verificatie van de taakanalyses is gebleken dat dit niet op alle bases zo wordt toegepast. Soms draagt de Specialist Motoren van het Werkcentrum Motoren de motor over aan een andere Specialist Motoren die gespecialiseerd is in run-up taken.

6.1.2 Categorie II: Vliegend squadron en vliegtuig-draaihal

Categorie II verwijst naar de werkplekken waar de Specialist Motoren werkt aan een ingebouwde motor. De Specialist Motoren werkzaam op het vliegend squadron begeleidt het vliegtuig naar de run-up, voert de benodigde werkzaamheden in de vliegtuig-draaihal en/of shelter van de run-up uit, en begeleidt het vliegtuig weer terug naar het vliegend squadron.

6.1.3 Categorie III: Depot

Op depot zijn de werkzaamheden gericht op een veel dieper LRU-niveau dan op de andere werkplekken. Onderdelen van modules van de motor die op het Werkcentrum Motoren en het vliegend squadron direct worden vervangen, worden naar depot gestuurd en daar gerepareerd. Voor (de)montage van onderdelen en het uitvoeren van inspecties en tests wordt apparatuur gebruikt die uniek is voor depot.

6.2 Aanzet tot differentiatie van het opleidingstraject

De in § 6.1 beschreven indeling van werkplekken kan gebruikt worden voor het opstellen van een gedifferentieerd opleidingstraject tot Specialist Motoren. Dat zou er als volgt uit kunnen zien:

- I Een opleiding tot Specialist Motoren werkzaam op het Werkcentrum Motoren en de motor-draaihal van de run-up
- II Een opleiding tot Specialist Motoren werkzaam op het vliegend squadron, en de vliegtuig-draaihal en de shelter van de run-up
- III Een opleiding tot Specialist Motoren werkzaam op depot

Voorwaarde voor succesvolle implementatie van dit gedifferentieerd opleidingstraject is wel dat er tussen de bases overeenstemming bestaat over het takenpakket van de Specialist Motoren op eenzelfde werkplek.

Dit voorstel tot differentiatie van de opleiding is met name bedoeld voor de initiële opleiding. Het moet vanzelfsprekend mogelijk zijn dat een Specialist Motoren na het voltooien van een opleidingstraject, een ander opleidingstraject volgt. Dat lijkt met name noodzakelijk voor Specialist Motoren die worden ingezet voor speciale missies, of die uitgezonden worden naar een buitenlandse basis (Villa Franca, Goose Bay). Daarvoor zouden zowel opleidingstraject I als II nodig zijn.

6.3 Bereiken van leeroverdracht

Uit de literatuur over instructiepsychologie is bekend dat de leeroverdracht wordt bevorderd door een grote functionele gelijkenis tussen leer- en praktijkomgeving, en door een kort tijdsinterval tussen de verwerving en toepassing van kennis en vaardigheden. Voor elk opleidingstraject geldt daarom dat theorie en praktijk frequent moeten worden afgewisseld.

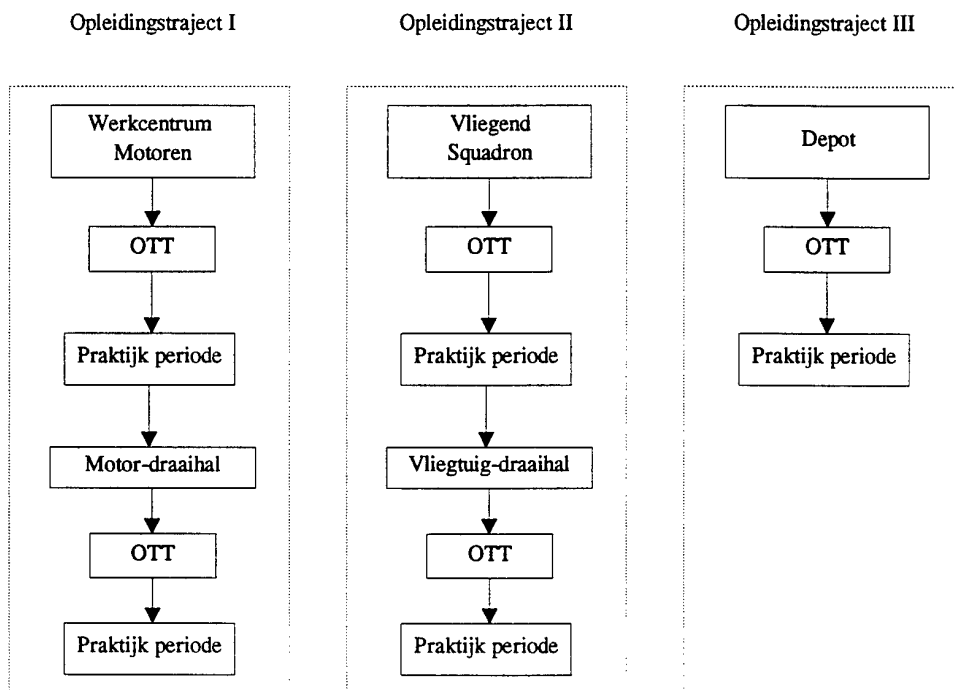


Fig. 2 Een gedifferentieerd opleidingstraject voor de Specialist Motoren.

Een groot gedeelte theorie, gevolgd door een lange periode van praktijkoefening is minder zinvol dan een meer frequente afwisseling tussen theorie en praktijk.

Voor de onderscheiden opleidingstrajecten zou dit gerealiseerd kunnen worden door een OTT periode met goed omschreven praktijkopdrachten op te nemen, en door een periode tussen de twee fasen van het opleidingstraject in te lassen waarin ervaring in de operationele praktijk kan worden opgedaan (zie Fig. 2).

Ook voor het deel van het opleidingstraject dat door de LETS wordt verzorgd geldt dat er, waar mogelijk, in ruime mate aandacht moet worden besteed aan de ontwikkeling en training van praktische vaardigheden. Voor leertraject I is dit geïllustreerd in Fig. 3.

De OTT is momenteel de enige periode waarin de cursist de mogelijkheid heeft om ervaring op te doen in de operationele praktijk. Uit de interviews en analyses blijkt dat deze periode momenteel niet altijd voldoende wordt benut. Hoewel er wel richtlijnen bestaan voor de praktische ervaring die de cursist tijdens die periode moet opdoen (OTIPS), blijken deze in de praktijk niet altijd realiseerbaar. Een reden daarvoor is wellicht dat de OTIPS zo uitgebreid zijn dat het voor de bases vaak niet goed mogelijk is om die werkzaamheden aan de cursist aan te bieden. Het verdient daarom aanbeveling om, binnen de algemene randvoorwaarden en als aanvulling op de voor iedere cursist geldende punten, een individuele invulling/accentuering aan de OTT te geven. Hierbij dient rekening gehouden te worden met de wensen van zowel de bases (bv. aanbod van werk, samenstelling van team, garantie van ingangsniveau van de cursist) als van de LETS (bv. een advies om tijdens de OTT een

accent te leggen op bepaalde taken waarmee de cursist tijdens praktijklessen op de LETS problemen ondervond⁸).

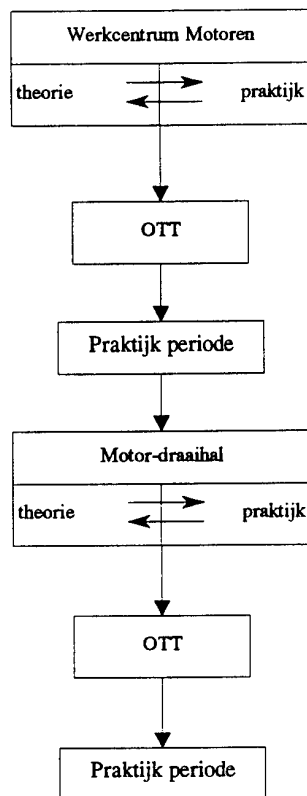


Fig. 3 Een frequente afwisseling tussen theorie- en praktijkonderwijs.

Dat raakt direct een ander knelpunt t.a.v. de OTT: de verantwoordelijkheid voor de OTT-periode. Momenteel is uitsluitend de basis verantwoordelijk voor de OTT-periode, terwijl het slagen ervan een zaak is van de cursist, de LETS en de basis samen. Een opzet waarbij voor elke cursist een OTT-begeleider van de LETS en een OTT-begeleider van de basis samen een bindend praktijkprogramma opstellen, en daarvoor ook samen de verantwoordelijkheid dragen, kan de kansen op een succesvolle OTT vergroten.

Twee van de drie hier voorgestelde opleidingstrajecten bestaat uit twee fasen. Na voltooiing van de OTT van de eerste fase volgt een operationele periode waarin de Specialist Motoren de gelegenheid heeft om de verworven kennis en vaardigheden te consolideren en uit te bouwen. Het verkrijgen van een goede basis biedt goede kansen om de tweede fase van het opleidingstraject effectief en efficiënt te doorlopen.

Ook als de opleiding formeel is afgerond kan verdere scholing wenselijk zijn. Gezien de snelle technologische ontwikkelingen is het volgen van opfriscursussen ('refreshment') een goede mogelijkheid de kennis en vaardigheden op peil te houden.

⁸ Uiteraard moet de cursist wel voldoen aan de normen die gesteld zijn om überhaupt aan de OTT te beginnen.

6.4 Gemeenschappelijke opleidingsmodules

Niet voor alle vakken is een specifieke uitwerking per opleidingstraject noodzakelijk. Voor een aantal taken geldt dat zij op alle werkplekken worden uitgevoerd. Een voorbeeld daarvan is het bedienen van de borescoop. Omdat dit op alle werkplekken wordt gebruikt is het efficiënt om de LETS een gebruikerscursus te laten verzorgen in het gebruik van de borescoop en in de interpretatie van de beelden. Tijdens de OTT kan dan meer werkplek-specifieke praktijkervaring worden opgedaan. Een ander voorbeeld betreft het gebruik van EMS-apparatuur.

Het is ook mogelijk dat er vakken zijn die niet voor alle drie, maar wel voor twee opleidingstrajecten van belang zijn. Een voorbeeld daarvan is het werken met het centraal administratiesysteem CAMS.

7 AANPAK VOOR VERVOLG

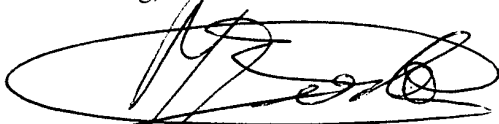
De taken waarvoor de vakgroep "Motoren" de Specialist Motoren moet opleiden zijn geïnventariseerd en geanalyseerd. Op basis van de taak- en opleidingsanalyse is aangegeven aan welke onderwijsleermiddelen behoefte bestaat, en is een voorstel gedaan voor een gedifferentieerd opleidingstraject. In de volgende fase van het project wordt van alle taken nagegaan welke voorwaardelijke kennis en vaardigheden beheerst moeten worden voor een adequate taakuitvoering (bv. tot op welk niveau is systeemkennis vereist). De resultaten daarvan worden geformuleerd in de vorm van leerdoelen die zijn te beschouwen als de operationalisaties van de geïdentificeerde kennis en vaardigheden. Voor elk leerdoel wordt een gedrags-, voorwaarde- en normcomponent geformuleerd. In de gedragscomponent wordt de activiteit weergegeven (bv. "uitlezen van het aantal cycles dat een fan gedraaid heeft"). In de voorwaardecomponent wordt aangegeven onder welke condities dit gedrag uitgevoerd zou moeten kunnen worden (bv. "met de EAU in het kader van een 200-uurs inspectie"). In de normcomponent wordt vermeld waaraan dit in termen van objectief observeerbaar gedrag moet voldoen (bv. "correcte waarde"). Het opstellen van de leerdoelen zal worden uitgevoerd door medewerkers van de vakgroep "Motoren" van de LETS, met ondersteuning van TNO-TM.

De leerdoelen zullen vervolgens worden toegewezen aan verschillende onderwijsvormen (klassikaal, CBT, hands-on, trainer, simulatie-COO). De functionaliteit van de benodigde onderwijs hulpmiddelen kan dan nader worden gespecificeerd, en kan invulling worden gegeven aan de wijze waarop verschillende opleidingsonderdelen (theorie, praktijk, OTT) op elkaar aan moeten sluiten. De resultaten van die ontwerpfase zullen worden neergelegd in het eindrapport.

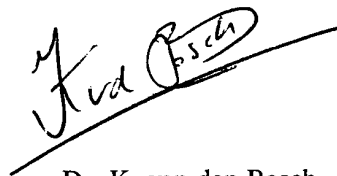
REFERENTIES

- Alessi, S.M. (1988). Fidelity in the Design of Instructional Simulations. *Journal of Computer-Based Instruction*, 15(2), 40.
- Alessi, S.M., & Trollip, S.R. (1985). *Computer-Based Instruction: Methods and Development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Anderson, J.R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Annett, J. (1961). *The Role of Knowledge of Results in Learning: A Survey* (Report number 342-3). New York: US Naval Training Devices Center.
- Barton, R.E. (1970). *A Primer on Simulation and Gaming*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Berlo, M.P.W. (1996). *Onderwijskundige Richtlijnen voor het Ontwerpen van Simulatie-COO* (Rapport TM-96-A005). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Berlo, M.P.W. van, Bosch, K. van den, Kanis, J.T.P. & Zwartscholten, H.J. (1996). *Taakanalyse F-16 Motormonteur* (Rapport TM-96-A047). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Boer, J.P.A. (1991). *Het Gebruik van Simulators voor Opleiding en Training I: Bepalende Factoren voor de Waarde van een Simulator als Leermiddel* (Rapport IZF 1991 A-18). Soesterberg: Instituut voor Zintuigfysiologie TNO.
- Bosch, K. van den (1995). *Haalbaarheid Simulatie COO voor de Opleiding tot Weapon Controller M-Fregat* (Rapport TNO-TM 1995 A-61). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.
- Fitts, P.M. & Posner, M.I. (1967). *Human Performance*. Belmont, CA: Brooks Cole.
- Holding, D.H. (1965). *Principles of Training*. Oxford: Pergamon Press.
- Jong, T. de (1991). Learning and Instruction with Computer Simulations. *Education & Computing*, 6, 217-229.
- Kearsley, G.P. & Hillelsohn, M.J. (1982). Human Factors Considerations for Computer Based Training. *Journal of Computer-Based Instruction*, 8(4), 74-84.
- Orey, M., Fan, H-L., Park, J-S., Tzeng, S-C., Gustafson, K. & Sanders, M. (1995). *Evaluation of Device Operation in the Context of a Coached Simulation Environment*. Paper presented at the World Conference on Educational Multimedia and Hypermedia. June 17-21. Graz, Austria.
- Patrick, J. (1992). *Training. Research & Practice*. London: Academic Press.
- Reigeluth, C.M. & Schwartz, E. (1989). An Instructional Theory for the Design of Computer-Based Simulations. *Journal of Computer-Based Instruction*, 16(1), 1-10.
- Schaafstal, A.M. & Berlo, M.P.W. van (1996). *Vliegtuigmotoronderhoud F-16: Taak- en Opleidingsanalyse* (Rapport TM-96-A019). TNO Technische Menskunde, Soesterberg.

Soesterberg, 5 november 1996



Drs. M.P.W. van Berlo
(1^e auteur)



Dr. K. van den Bosch
(projectleider)

BIJLAGE 1 Verklarende woordenlijst

BMO	Bureau Motoren
BRU	Beheerder Run-up
BTO	Bureau Technisch Onderzoek
CAMS	Core Automated Maintenance System
CBT	Computer Based Training
CEDS	Comprehensive Engine Diagnostic System
COO	Computer Ondersteund Onderwijs
DCU	Data Collection Unit
DEEC	Digital Electronic Engine Control
DELM	Depot Electronisch Materieel
DMKLu	Directie Materieel Koninklijke Luchtmacht
DMLO	Dienst Militair Leiderschap en Opleidingskunde
DMVS	Depot Mechanisch Vliegtuigmaterieel en Straalmotoren
DTS	Data Transfer System
EAU	Engine Analyzer Unit
EDU	Engine Diagnostic Unit
EMS	Engine Monitoring System
ESS	Engine Start System
FRS	Field Reprogramming System
GSU	Ground Station Unit
JOAP	Joint Oil Analyse Program
KLu	Koninklijke Luchtmacht
LETS	Luchtmacht Electronische en Technische School
LRU	Line Replaceable Unit
MLU	Midlife Update
OTIP	OTT Instructieprogramma
OTT	Opleiding Tijdens Tewerkstelling
RCVV	Rear Compressor Variable Vanes
SCS	Supervisory Control System
TO	Technical Order
WOLF	Werkgroep Operationele en Logistieke Filosofie

BIJLAGE 2 Engine Monitoring System (EMS)

Het Engine Monitoring System (EMS) is een verzamelnaam van de geautomatiseerde hulpmiddelen die ter beschikking staan van de Specialist Motoren bij het diagnostiseren van de toestand van de 220/220E-motor van de F-16. Er worden verschillende componenten onderscheiden die hieronder kort worden toegelicht. De DEEC en de EDU zijn twee systemen die zich op de motor bevinden; de DCU, de EAU, het CEDS, de GSU, het DTS en CAMS zijn aparte systemen die de Specialist Motoren moet kunnen gebruiken. In Fig. 4a staat de huidige situatie met betrekking tot de inzet van de verschillende componenten van EMS afgebeeld; de toekomstige situatie staat in Fig. 4b.

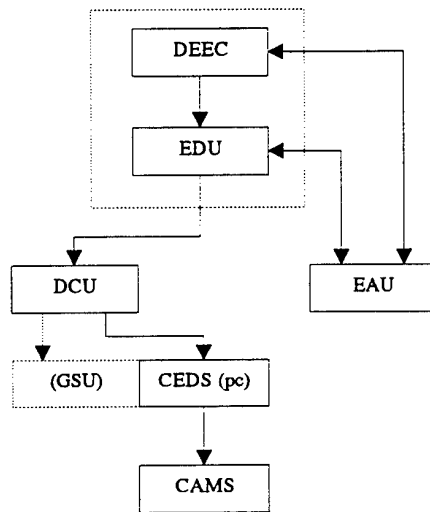


Fig. 4a De huidige EMS-situatie.

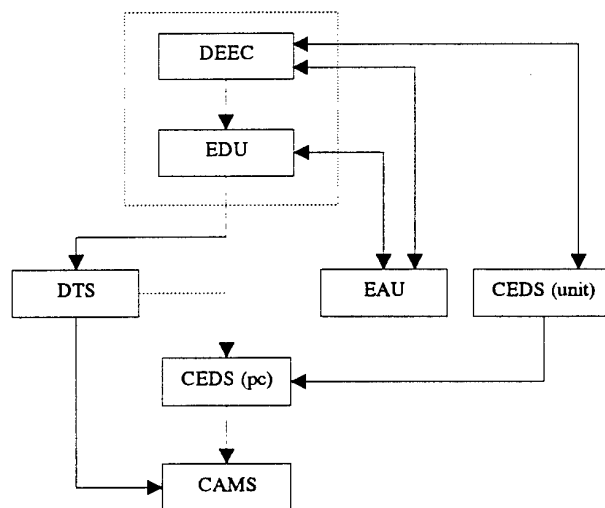


Fig. 4b De toekomstige EMS-situatie.

Digital Electronic Engine Control (DEEC)

De DEEC bevindt zich op de motor en regelt direct de werking van de motor. Bovendien voert de DEEC continu automatisch testen uit om de toestand van de motor (en andere systemen) op elk moment te controleren. Eventuele foutmeldingen en andere motor-parameters worden door de DEEC doorgegeven aan de EDU.

Engine Diagnostic Unit (EDU)

De EDU bevindt zich net als de DEEC ook op de motor. De EDU regelt niet de werking van de motor, maar verzamelt en verwerkt informatie met betrekking tot de motor en het vliegtuig. De EDU verzamelt deze informatie enerzijds gedeeltelijk zelf, en krijgt deze anderzijds gedeeltelijk aangeleverd van de DEEC, de motorsensoren, en de vliegtuigcomputers. De EDU slaat deze informatie op in de vorm van een 3-cijferige code. Vanuit de EDU kunnen signalen gegeven worden aan de piloot in de cockpit.

Engine Analyzing Unit (EAU)

De EAU is een grondapparaat waarmee gecommuniceerd kan worden met de DEEC en/of EDU. Met de EAU kan de Specialist Motoren (1) de data van de DEEC en de EDU uitlezen, (2) de motor testen terwijl deze draait, (3) de DEEC en de EDU herprogrammeren, (4) de DEEC en de EDU onder spanning zetten (uploaden) voor het testen, en (5) de DEEC uploaden om parameters te verkrijgen zonder de motor te draaien.

Data Collection Unit (DCU)

De DCU is een grondapparaat waarmee de Specialist Motoren de data van de EDU uitleest. Deze gegevens moeten vervolgens ge-download worden in de GSU. Het is niet mogelijk om de DCU te gebruiken als de motor draait, of om de DEEC en/of EDU te herprogrammeren (c.q. de software te veranderen).

Ground Station Unit (GSU)

De GSU is een grondapparaat waarmee de Specialist Motoren de data van de DCU uitleest en vervolgens inlaadt in een personal-computer. In veel gevallen is dit dezelfde computer als de pc-versie van CEDS.

Comprehensive Engine Diagnostic System (CEDS)

Het CEDS is een grondapparaat dat een vervanging is van de EAU, de DCU en de GSU. CEDS heeft overigens slechts gedeeltelijk de functionaliteit van deze EMS-componenten. CEDS bestaat uit twee componenten: een draagbare unit, en een pc-versie. Met behulp van de CEDS-unit leest de Specialist Motoren de data van de DEEC en de EDU uit, kan hij data verzamelen als de motor draait (vgl. een 'mobiele run-up'), en kan hij diagnoses stellen omtrent de toestand van de motor. Via het CEDS worden de klachtencodes van de EDU direct omgezet in onderhoudscodes; op grond van deze onderhoudscodes kan de Specialist Motoren gaan troubleshooten aan de hand van de TO's. Via deze 'draagbare' CEDS worden de data in een microcomputer ingelezen door CEDS-pc, die een directe verbinding heeft met CAMS. De CEDS-unit wordt primair gebruikt ten behoeve van het storing zoeken, maar kan in bepaalde gevallen (bv. bij buitenlandse oefeningen) ook (tijdelijk, en slechts gedeeltelijk) de functionaliteit van CAMS vervangen.

Momenteel komen de functionaliteit van CEDS en de EAU niet helemaal overeen. Bijvoorbeeld, een FRS kan met de EAU worden ingevoerd en getest; met de draagbare CEDS-unit alleen ingevoerd. Ook kan met behulp van CEDS de DEEC/EDU niet getest worden, terwijl dit met de EAU wel mogelijk is.

Data Transfer System (DTS)

Het DTS is een grondapparaat dat een vervanging is van de DCU en de GSU, en heeft dus de functionaliteit van deze EMS-componenten. De verzamelde data kunnen direct worden ingelezen in CAMS (of, in geval van een veldoefening, opgeslagen worden in CEDS). DTS en CEDS blijven onafhankelijk van elkaar bestaan (immers: de EAU-component komt niet terug in het DTS).

Core Automated Maintenance System (CAMS)

CAMS is een registratiesysteem waarin de gegevens van de motor zijn opgeslagen. Elke onderhoudsbeurt, en alle reparaties, vervangingen en modificaties moeten hierin worden aangegeven.

REPORT DOCUMENTATION PAGE

1. DEFENCE REPORT NUMBER (MOD-NL) RP 96-0187	2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER TM-96-A046
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO. 788.3	5. CONTRACT NUMBER A95/KLu/368	6. REPORT DATE 5 November 1996
7. NUMBER OF PAGES 36	8. NUMBER OF REFERENCES 17	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Interim
10. TITLE AND SUBTITLE Innovatie van het opleidingstraject tot F-16 Motormonteur (Innovation of the F-16 Aircraft Engine Maintenance Training Program)		
11. AUTHOR(S) M.P.W. van Berlo and K. van den Bosch		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Human Factors Research Institute Kampweg 5 3769 DE SOESTERBERG		
13. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) Director of Airforce Research and Development Binckhorstlaan 135 2516 BA DEN HAAG		
14. SUPPLEMENTARY NOTES		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS, 1044 BYTE) The Royal Netherlands Air Force has commissioned the TNO Human Factors Research Institute to conduct a study into the innovation of the training of the F-16 engine maintenance technicians. The immediate reason for this research project is the lack of adequate training devices at the Air Force Electronics and Technical School. A first analysis (Schaafstal & Van Berlo, 1996) disclosed a second problem: an inadequate attunement between the contents of the training course and the skills required by the Air Force bases. In order to tackle the identified problems, the tasks of the F-16 engine maintenance technicians are subjected to a thorough analysis. The results will be used to develop functional specifications of the required training devices and to redesign the training course. Chapter 2 reports the methods and results of the task analysis. For each of the work sites, tasks and tools are inventoried. The results allow certain recommendations for innovating the training course. The results of the task analysis have been used as input for investigating what new learning aids are needed for proper training of the maintenance technician (chapter 3). The general and specific instructional arguments for the postulated functional requirements of these learning aids are reported in the chapters 4 and 5. The present curriculum is not sufficient to train the students to a level that enables him to meet the often divergent needs of the different Air Force bases. This problem originates in the concept of having one general and uniform training program for all engine maintenance technicians, irrespective of the specific work site they will subsequently be assigned to. The solution proposed here is to include more differentiation in the training curriculum, allowing the school to address exactly the skills required by the future work site.		
16. DESCRIPTORS Aircraft Maintenance Military Training Simulator Training Design Training Device		IDENTIFIERS
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT)	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE)	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT)
18. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT Unlimited availability		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES)

VERZENDLIJST

1. Directeur M&P DO
2. Directie Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling Defensie
- Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
3. {
Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
4. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KLu
- Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
5. {
Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
- 6, 7 en 8. Bibliotheek KMA, Breda
9. Dr. W.F.S. Hylkema, Directie Personeel KLu, AOPL/OPL2, Den Haag

Extra exemplaren van dit rapport kunnen worden aangevraagd door tussenkomst van de HWOs of de DWO.